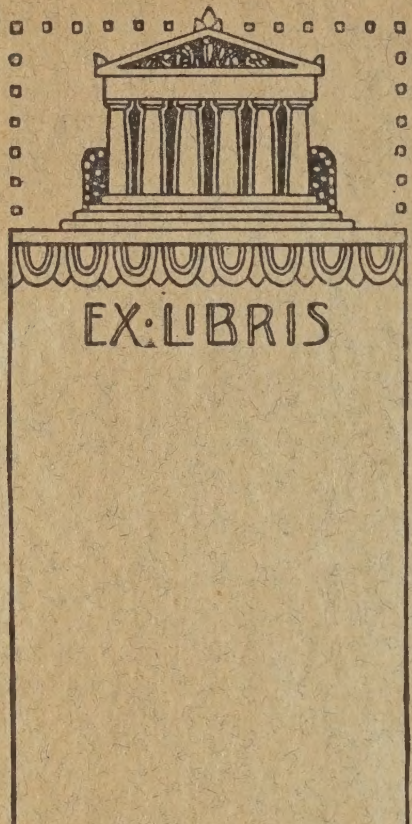
Tier- und Pflanzenleben des Meeres

von

A. Nathansohn

Wissenschaft und Bildung

Verlag von Quelle & Meyer in Leipzig.


EX LIBRIS
G. STOTZ

Wissenschaft und Bildung

Einzeldarstellungen aus allen Gebieten des Wissens
Herausgegeben von Privatdozent Dr. Paul Herre

Im Umfange von 130—180 Seiten
Geh 1 M. Originalleinenbd. 1.25 M.

Die Sammlung bringt aus der Feder unserer berufensten Gelehrten in anregender Darstellung und systematischer Vollständigkeit die Ergebnisse wissenschaftlicher Forschung aus allen Wissensgebieten.
Sie will den Leser schnell und mühelos, ohne Fachkenntnisse vorauszusetzen, in das Verständnis aktueller wissenschaftlicher Fragen einführen, ihn in ständiger Fühlung mit den Fortschritten der Wissenschaft halten und ihm so ermöglichen, seinen Bildungskreis zu erweitern, vorhandene Kenntnisse zu vertiefen, sowie neue Anregungen für die berufliche Tätigkeit zu gewinnen. Die Sammlung „Wissenschaft und Bildung" will nicht nur dem Laien eine belehrende und unterhaltende Lektüre, dem Fachmann eine bequeme Zusammenfassung, sondern auch dem Gelehrten ein geeignetes Orientierungsmittel sein, der gern zu einer gemeinverständlichen Darstellung greift, um sich in Kürze über ein seiner Forschung ferner liegendes Gebiet zu unterrichten. Ein planmäßiger Ausbau der Sammlung wird durch den Herausgeber gewährleistet. Abbildungen werden den in sich abgeschlossenen und einzeln käuflichen Bändchen nach Bedarf in sorgfältiger Auswahl beigegeben.

Über die bisher erschienenen Bändchen vergleiche den Anhang

ERWIN NÄGELE • QUELLE & MEYER
LEIPZIG

AUS DER NATUR

Zeitschrift für alle Naturfreunde

Unter Mitwirkung von Prof. Dr. R. BRAUNS-Bonn, Prof. Dr. F. G. KOHL-Marburg, Prof. Dr. E. KOKEN-Tübingen, Prof. Dr. A. LANG-Zürich, Prof. Dr. LASSAR-COHN-Königsberg, Prof. Dr. C. MEZ-Halle, Prof. Dr. PFURTSCHELLER-Wien, Prof. Dr. K. SAPPER-Tübingen, Prof. Dr. H. SCHINZ-Zürich, Prof. Dr. OTTO SCHMEIL-Wiesbaden, Prof. Dr. STANDFUSS-Zürich, Prof. Dr. G. TORNIER-Charlottenburg

herausgegeben von

Dr. W. Schoenichen

Monatlich 2 Hefte zu je 32 Seiten, mit zahlreichen Textbildern und mehrfarbigen oder schwarzen Tafeln. — Halbjährlich (12 Hefte) Mark 4.—

Für den geringen Preis leistet „Aus der Natur" **wirklich Hervorragendes.** Sie berücksichtigt alle Gebiete der Naturwissenschaften mit Aufsätzen aus der Feder **unserer best bekannten Gelehrten.** Eine besondere Aufmerksamkeit wird erfreulicherweise den biologischen Fächern geschenkt. Mit dem gediegenen Inhalt verbindet die Zeitschrift ein vornehmes Äußere. Sie ist äußerst reichhaltig illustriert. So machen Ausstattung und Inhalt „Aus der Natur" zu **einer auf das wärmste zu empfehlenden Zeitschrift.** Bresl. Akad. Mitteil. 1906, Nr. 10.

Eine Zeitschrift wie die uns vorliegende **gehört in jede Lehrerbibliothek,** sei dieselbe groß oder klein. Vor allem kann diese schöne, durchaus moderne Zeitschrift aber auch allen Naturfreunden, Zoologen, Botanikern und Mineralogen sowie wissenschaftlichen Vereinigungen auf das angelegentlichste empfohlen werden. Wir sehen dem Erscheinen weiterer Hefte mit lebhaftestem Interesse entgegen.

Chr. Sch. (Bayr. Lehrerztg. 1905, Nr. 20.)

Ich **kenne keine andere Zeitschrift,** welche bei aller Wissenschaftlichkeit und Gründlichkeit den **wahrhaft volkstümlichen Ton so zu treffen weiß,** welche sich — trotz unserer Zeit — vor spekulativen Naturbetrachtungen so zu hüten versteht, welche zudem **so prächtig und reichhaltig** (13 farbige Tafeln!) ausgestattet, in Umschlag, Papier und Druck so **vorzüglich ausgerüstet** ist, wie gerade diese, von der ich nur wünschen kann, daß sie namentlich in Lehrerkreisen **recht weite Verbreitung finden** möchte.

Barfod. (Die Heimat 1907, Nr. 1.)

Probeheft unentgeltlich und postfrei.

Tange und Rotalgen am Meeresgrunde.

Bi
N

Wissenschaft und Bildung
Einzeldarstellungen aus allen Gebieten des Wissens
Herausgegeben von Privatdozent Dr. Paul Herre
87

Tier- und Pflanzenleben des Meeres

Von

Dr. Alexander Nathansohn
a. o. Professor an der Universität Leipzig

567134
28.7.53

1910
Verlag von Quelle & Meyer in Leipzig

Alle Rechte vorbehalten

Druck von August Pries in Leipzig

Einleitung.

In diesem Büchlein soll ein Bild des eigenartigen Pflanzen- und Tierlebens im Meere entrollt werden. Es kommt uns dabei nicht auf eine Beschreibung der Fülle der organischen Formen, die uns hier begegnen, an; wir wollen vielmehr die besonderen Bedingungen, unter denen sie leben, und die Art, wie sie sich ihnen anpassen, kennen lernen.

Dazu ist es nötig, über die Eigentümlichkeiten, die das Meer als Sitz reichen Pflanzen- und Tierlebens aufweist, sich klar zu sein, und so haben wir an mehr als einer Stelle Erörterungen über Temperatur und Salzgehalt, über Strömungen und ihre Ursachen, sowie über die Methoden der physikalischen und chemischen Erforschung des Meeres einflechten müssen. Es ist gerade eine wichtige methodische Errungenschaft der modernen Meeresbiologie, daß nie mehr biologische Beobachtungen ausgeführt werden, ohne gleichzeitige Feststellung der physikalischen und chemischen Bedingungen am Orte der Beobachtung, und diese Methode hat uns bereits in hohem Maße zu klarem Einblick in verwickelte Verhältnisse verholfen. Wer näheres aus unserem Wissensgebiete zu erfahren wünscht, muß sich in erster Linie an die Reisebeschreibungen der großen Tiefseeexpeditionen halten, in denen die hauptsächlichsten und für die Allgemeinheit wichtigsten Ergebnisse dargestellt sind: u. a. Thomsons „The Chalenger in the Atlantic“ und Chuns „Aus den Tiefen des Weltmeeres", worin die interessanten Erlebnisse und Ergebnisse der Valdiviafahrt geschildert sind. Ein schönes Bild der eigentümlichen Gestalten der schwebenden Pflanzenwelt gibt Schütts „Pflanzenleben der Hochsee".

Eine zusammenfassende Darstellung der gesamten Wissenschaft vom Ozean, der physikalischen Erscheinungen sowohl wie des Lebens in ihm, gibt es in deutscher Sprache nicht; wohl aber existiert ein gemeinverständlich abgefaßtes, französisches Buch dieser Art: „L'Océanographie“, aus der Feder von Jules Richard, dem Direktor des Ozeanographischen Museums in Monako und langjährigen wissenschaftlichen Begleiter des Fürsten Albert.

Inhalt.

S

Einleitung . . . .

1. Kapitel. Die Verteilung der Oganismen im Meere und die Entdeckung der Tiefseefauna . . . .

2. Kapitel. Über die Methodik der ozeanographischen Forschungen

3. Kapitel. Über den Bau und die Anpassungen der Meerespflanzen

4. Kapitel. Die Lebensbedingungen und Lebensweise der schwebenden Meeresflora . . . .

5. Kapitel. Die Organisation der Meerestiere und ihre Lebensweise

6. Kapitel. Entwicklung und Wanderungen der Seetiere . . . .

I. Kapitel.

Die Verteilung der Organismen im Meere und die Entdeckung der Tiefseefauna.

Bis vor etwa einem Jahrhundert waren nur die Küsten der Meere Gegenstand regelmäßiger Erforschung. Freilich hatte dieser Zweig der Naturwissenschaften eine lange Geschichte hinter sich, die weit bis in das Altertum zurückgeht: schon Aristoteles beschreibt in seiner Naturgeschichte eine große Anzahl von Seetieren; ja, er hat ihren Bau genau untersucht und ein Organ des Seeigels, sein Kauapparat, führt noch heute nach seinem großen Entdecker die Bezeichnung: Laterne des Aristoteles. Aber lange hat es gedauert, ehe aus diesen lückenhaften Kenntnissen eine wirkliche Erkenntnis wurde; ehe man erkannte, daß das Meer nicht nur eine verwirrende Fülle von Tierformen birgt, sondern daß hier auch unwandelbare Gesetze herrschen, die zu erforschen eine dankbare Aufgabe für die Naturwissenschaft bildet. Im 19. Jahrhundert sind Untersuchungen in dieser Richtung zuerst von Forbes ausgeführt worden, der im Mittelmeer ausgedehnte Studien über die Verteilung der Organismen anstellte, und durch sie zur Erkenntnis einiger allgemeingültiger Gesetzmäßigkeiten gelangte. Er sah, daß, wenn wir von der flachen Küste in immer größere Tiefen fortschreiten, wir nicht immer auf dieselben Tiere stoßen, sondern daß verschiedene Formen in gesetzmäßiger Aufeinanderfolge einander ablösen. Er erkannte die Existenz einer Anzahl von Tiefenzonen ausgesprochenen biologischen Charakters: als Litoralregion bezeichnete er die Region, die sich unmittelbar an der Oberfläche befindet und im Wechsel der Gezeiten zeitweilig freigelegt wird; die Laminariaregion ist charakterisiert durch die gewaltigen Tangarten dieses Namens. Als Korallinenregion bezeichnet er jene Zone, in welcher eigenartige, kalkabsondernde Pflanzen leben und als die Zone der Tiefseekorallen die, die

sich von dort aus in unbekannte Tiefen erstreckt; jede dieser Zonen ist nicht nur durch die Organismen charakterisiert, die ihr den Namen geben, sondern führt durchweg eine ganz spezielle Fauna und Flora.

Damit war die Grundlage für weitere exakte Forschungen gegeben, Forschungen, die dann namentlich von skandinavischen Gelehrten ausgeführt wurden und an die berühmten Namen von Lovén und Sars geknüpft sind. Dabei zeigte sich, daß die vertikale Verbreitung der Organismen, ihr Vorkommen in verschiedenen Tiefen nicht nur überall auf den gleichen Grundgesetzen ruht, sondern daß es auch möglich ist, tiefer in ihr Verständnis einzudringen. So fand man z. B., daß Formen, die in warmen Regionen in großer Tiefe leben, in kälteren näher an die Oberfläche steigen. Das ist ganz begreiflich, wenn man daran denkt, daß mit der Tiefe die Temperatur abnimmt und daß auf diese Weise ein Organismus, der in bestimmter Temperatur seine günstigsten Lebensbedingungen findet, diese je nach der geographischen Breite seines Grundgebietes in verschiedenen Tiefen antrifft. Derartige Forschungen hat z. B. Lovén ausgeführt, indem er die Fauna bei Gothenburg und im Finnischen Meerbusen miteinander verglich. Damit hängt nun auch die weitere Beobachtung zusammen, daß, je größer an einer bestimmten Stelle das vertikale Verbreitungsgebiet einer Organismenform ist, um so weiter sich sein Wohngebiet auch in horizontaler Richtung erstreckt, denn ein Tier, das sich an sehr verschiedene Temperaturen anpassen kann, wird seine Lebensbedingungen ebensowohl in verschiedenen Tiefen als in verschiedenen Breitengraden finden.

Aber die Untersuchungen von Forbes, die für die Wissenschaft einen so großen Fortschritt bedeuteten, haben in einer Beziehung einen, wenn auch kurzen Stillstand in die Meeresforschung gebracht. Forbes fand in einer Gegend des Ägäischen Meeres die Organismen bloß bis zu einer Tiefe von etwa 300 Faden an. Alle Netzzüge, die er unterhalb dieser Region ausführte, waren erfolglos. Diesen Umstand, der, wie wir heute wissen, lediglich durch lokale Ursachen gewesen ist, nämlich durch die Tierarmut gerade dieses Meeresabschnittes, hat er zur Grundlage eines allgemeinen Gesetzes gemacht. Er war über die Unfruchtbarkeit dieser großen Tiefen nicht weiter verwundert, sondern sprach die Überzeugung aus, das könne gar

nicht anders sein, denn aus ganz naheliegenden Gründen sei jedwedes Leben in den Tiefen des Meeres ausgeschlossen. Zwei Argumente waren es hauptsächlich, die ihn zu dieser Meinung bestimmten. Einmal der ungeheure Druck, der dort herrscht, und von dessen Gewicht wir uns ein Bild machen können, wenn wir daran denken, daß eine Wassersäule von 10 Metern genau soviel wiegt, wie die ganze über uns lastende Luftmasse. In 1000 Meter Tiefe herrscht also ein Druck von 100 Atmosphären oder, um es in einem geläufigen Gewichte auszudrücken: es lasten auf jedem Quadratzentimeter Oberfläche 1000 Kilogramm. Das zweite Argument ist das der absoluten Dunkelheit, die von vornherein jedes Pflanzenleben unmöglich macht und somit den Tieren die Nahrungsquelle verschließt, auf die sie angewiesen sind; denn genau so wie auf dem Festlande, muß auch im Meere eine enge Abhängigkeit der Tiere von den Pflanzen bestehen, da diese, sei es direkt, sei es indirekt, auf die Pflanzensubstanz als Nahrung angewiesen sind, weil sie die zur Erhaltung des Lebensgetriebes nötigen organischen Stoffe nicht selbst herstellen können.

Diese Gründe haben Forbes und vielmehr noch seine Schüler veranlaßt, die Existenz von Organismen in den großen Tiefen des Meeres völlig zu leugnen und alle Angaben, die in dieser Richtung gemacht wurden, von vornherein mit Mißtrauen zu betrachten. Beobachtungen, die für die Bewohnbarkeit der großen Tiefen sprachen, waren doch schon seit einiger Zeit hie und da mitgeteilt worden. Seit man namentlich vom Beginn des Jahrhunderts an begonnen hatte, Lotungen in der Tiefsee auszuführen, waren gelegentlich an den Loten, die aus den tiefsten Stellen des Meeres heraufgezogen worden waren, Organismen gefunden worden. Aber allen derartigen Beobachtungen wurde der Einwand entgegengehalten, die betreffenden Formen stammten nicht wirklich aus der Tiefe, sondern sie seien beim Passieren der oberflächlichen Schichten an das Lot gelangt. Freilich waren auch schon systematische Versuche mit Tiefseenetzen ausgeführt worden und zwar gleichfalls mit positivem Erfolge. Aber gerade eine der wertvollsten Sammlungen von Tiefseetieren, die, die Sir Roß von seiner Nordpolfahrt mitgebracht hatte, ist zugrunde gegangen, bevor sie bearbeitet werden konnte, und mit ihr ein gewichtiges Zeugnis für die Verbreitung des Lebens in den tiefsten Abgründen des Ozeans.

Kurz nachdem Forbes seine Untersuchungen, von denen eben die Rede war, abgeschlossen hatte, begann man sich planmäßig mit der Tiefsee zu befassen, und zwar aus einem rein praktischen Interesse. Bisher hatten nur einzelne Forscher unter großen Schwierigkeiten Tiefseeuntersuchungen ausführen können. Die Kosten, die derartige Forschungen mit sich bringen, erlaubten nur ganz gelegentlich die Ausführung einzelner Beobachtungen, und für das praktische Leben schien die Tiefsee nichts zu bergen, was eine Beschäftigung mit ihr hätte wünschenswert oder notwendig erscheinen lassen. Das wurde mit einem Male anders, als man mit der Legung der Kabel begann, welche die Kontinente über den Zwischenraum der großen Ozeane hinweg miteinander verbinden sollten. Diese Kabel werden auf den Boden des Meeres hinabgelassen und so war es unbedingt notwendig, vor ihrer Legung sich über die Verteilung der Meerestiefen genauer zu orientieren, als man es bis dahin getan hatte. Man begann mit systematischen Lotungen, und die Schiffe, die damit beauftragt waren, pflegten gleichzeitig Naturforscher an Bord zu führen, die die seltene Gelegenheit zur Untersuchung der Abgründe des Ozeans benützten. Zu diesen gehörte unter anderen ein englischer Arzt namens Wallich, der sich um das Gebiet, von welchem wir sprechen, sehr verdient gemacht hat. Er gelangte durch wiederholte Versuche zur festen Überzeugung, daß sogar in Tiefen von 3000 Metern und mehr sich Tiere finden. Er begnügte sich aber nicht mit dieser Feststellung, sondern er begann auch nach den Bedingungen, unter denen diese Tiere leben, zu forschen, so z. B. nach der Verteilung der Gase im Meerwasser, die von den Organismen gebraucht und von ihnen produziert werden. Er ist sich auch ganz klar darüber geworden, daß das eine der von Forbes und seiner Schule gegen die Bewohnbarkeit der großen Tiefen angeführte Argumente, der ungeheure Druck in den Meerestiefen in Wirklichkeit kein Grund ist, um ihre Bewohnbarkeit unmöglich zu machen. Es ist wahr, dieser Druck besteht in Wirklichkeit und wir können uns von seinen Folgen überzeugen, wenn wir irgendein verschlossenes Instrument in die großen Tiefen hinablassen. Ist es nicht mit sehr starker Wandung versehen, so wird es zertrümmert oder zusammengedrückt, und wir müssen diesen Punkt bei der Ausführung von Tiefseeuntersuchungen wohl in Betracht ziehen. Einem solchen verschlossenen Instrument gleicht aber der lebendige Or-

ganismus nicht. Er verhält sich vielmehr wie ein offenes Gefäß, das wir in die Tiefen hinabsenken. In dieses tritt das Wasser ein, und die Folge davon ist, daß von innen nach außen der gleiche Druck ausgeübt wird, der von außen her auf dem Instrument lastet, so daß also diese beiden Drucke sich das Gleichgewicht halten und der Apparat unabhängig von der Beschaffenheit seiner Wandungen intakt bleibt. Ebenso nimmt der lebende Organismus das Wasser von außen her auf und er spürt von dem Drucke nichts, weil Innendruck und Außendruck sich gegenseitig aufheben. Auch wir merken ja nichts von dem großen Atmosphärendruck, der auf uns lastet, der doch für jeden Quadratzentimeter Oberfläche ein Kilogramm beträgt. Das ist nur deshalb der Fall, weil der in unserem Körper herrschende Gegendruck dieser Last das Gleichgewicht hält.

Damit war also ein gewichtiges Argument, das von vornherein gegen die Bewohnbarkeit der Tiefen angeführt zu werden pflegte, ausgeschaltet, und die positiven Beobachtungen gewannen an Wert. Doch wurde die allgemeine Aufmerksamkeit erst einige Jahre später auf die Tiefseefauna gelenkt, als ein ganz entscheidendes Ereignis ihre Existenz auch für den größten Zweifler einwandfrei bewies. Es war im Jahre 1860, als ein Kabel, welches Sardinien mit Algier verband, riß, und zum Zwecke der Reparatur aufgenommen werden mußte. Dabei zeigte sich, daß dieses Kabel mit einer ungeheuren Anzahl von Organismen bedeckt war, und zwar handelte es sich nicht um Formen, die zufällig beim Aufnehmen dorthin gelangt sein konnten, denn sie waren an ihm festgewachsen. So fand man Polypenstöcke mit Tieren verschiedensten Alters, die nur durch jahrelanges Wachstum entstanden sein konnten; man fand ferner eine Unzahl von festsitzenden Muscheln, von Moostierchen und von Eiern verschiedener Kopffüßer, die von diesen Tieren auf dem Meeresgrunde festgeheftet zu werden pflegen. Die Tatsache also, daß die drei Jahre, während welcher sich das Kabel in einer Tiefe von mehr als 3000 Meter befunden hatte, genügten, um eine reichliche Fauna entstehen zu lassen, war ein unwiderleglicher Beweis für die Bewohnbarkeit der großen Meerestiefen und auch dafür, daß sich dorthin nicht nur gelegentlich einzelne Individuen verirren, sondern daß viele dort leben, ihre Entwicklung durchmachen und ihre Eier ablegen. Das sprach gewichtiger als alle vorgefaßten Meinungen, mochten

sie auf scheinbar noch so schwerwiegende Argumente gestützt sein, und damit war der biologischen Wissenschaft auch ein neues Forschungsgebiet eröffnet.

Der Nachweis der Existenz von Tieren in der Tiefsee brachte nämlich nicht nur die Entscheidung in einer viel diskutierten Streitfrage, sondern lehrte mit einem Male auch gleichzeitig eine Fülle von neuen Problemen kennen. Denn die Organismen, die man auf dem Kabel gefunden hatte, waren nicht etwa die gleichen, die der Forscher in den oberflächlichen Regionen des Meeres zu finden gewohnt war: nur einige von ihnen waren schon gelegentlich als große Seltenheit beobachtet worden, andere waren ganz neu und unbekannt, während wieder andere in ihren Überresten aus den fossilen Ablagerungen Siziliens dem Forscher vertraut waren, der aber niemals gehofft hatte, diese Organismen je lebend auf der Erdoberfläche anzutreffen. Es war also die Tiefe des Meeres eine Fundgrube für neue Tierformen. Die Frage nach ihrer Verbreitung trat auf, nach ihren Lebensgewohnheiten und nach den Anpassungen, welche sie für das Leben in großen Tiefen geeignet machen.

Die Entdeckung der Tiefseefauna gab aber der Wissenschaft noch ein Problem zu lösen auf. Wir haben ja oben gehört, daß zu den Argumenten, mit denen Forbes den Gedanken einer Bewohnbarkeit der großen Tiefen bestritt, auch das gehörte, daß die Dunkelheit, die dort herrscht, das Pflanzenleben unmöglich macht. Damit sollte auch den Tieren jede Existenzmöglichkeit abgeschnitten sein. Wie haben wir uns nun mit diesem Argumente abzufinden? Die Tatsachen, das sehen wir, lehren, daß es nicht stichhaltig ist. In welcher Weise findet nun in Wirklichkeit die Ernährung der Tiefseetiere statt?

Eines müssen wir vorausschicken: nämlich, daß die Erforschung der Tiefsee in allen Breitengraden wirklich gelehrt hat, daß Pflanzenleben da unmöglich ist, wo Dunkelheit herrscht. Tiere, so haben wir inzwischen erfahren, gibt es an jeder Stelle des Ozeans, in jeder Breite und in jeder Tiefe. Das Leben der Pflanzen aber ist intensiv nur in den oberflächlichsten Wasserschichten. Schon in 100 Meter Tiefe pflegt es immer spärlicher und spärlicher zu werden und verschwindet zwischen 150 und 200 Metern völlig. Nur bis zu dieser geringen Tiefe ist der Meeresboden an der Küste bewachsen, nur bis zu ihr führen die Wasserschichten der offenen See

schwebende Pflanzen. Wollen wir dieses Verhältnis und seine Bedeutung für die Ökonomie des Meeres richtig verstehen, so müssen wir etwas weiter ausholen und uns klar werden, was das Licht für die Pflanzen bedeutet. Ganz entscheidend muß diese Bedeutung in der Tat sein; wir sehen ja sonst, daß die Natur es durch das ungeheure Anpassungsvermögen der Organismen erreicht, jedes Fleckchen Erde bewohnbar zu machen: in den Bergen finden wir Leben bis zur Grenze des ewigen Schnees; in den hohen Breiten finden wir jeden Streifen Bodens, der nur während ganz kurzer Zeit im Jahre schneefrei wird, bewachsen; wir treffen andererseits Pflanzen an, die die brennende Glut der äquatorialen Sonne ertragen; ja sogar in heißen Quellen finden sich Organismen, die Temperaturen von 60 bis 70 Grad aushalten und die infolge ihrer Anpassung an die große Wärme erfrieren, wenn wir sie an einem warmen Sommertag aus der heißen Quelle herausnehmen und der Lufttemperatur aussetzen. Wir finden ferner Pflanzen, die Zeit ihres Lebens in Wasser untergetaucht wachsen und wiederum solche, die in den trockensten Wüstenstrichen ihr Dasein fristen und lange Zeit sich ohne Wasserzufuhr behelfen müssen; kurz gesagt, die Pflanzen leben unter den denkbar verschiedensten Bedingungen, und doch erreichen sie es durch ihre vielseitige Anpassung, daß sie trotz aller Unbilden bestehen und sich entwickeln können. Nur das Meer beherbergt keinen Pflanzenwuchs, wenn wir von einer dünnen Oberflächenschicht absehen, die anscheinend gar keine Bedeutung hat im Vergleich zu den großen Tiefen des Ozeans. Zwei Fragen drängen sich uns da auf. Warum hat es das vielseitige Anpassungsvermögen der Organismen nicht fertiggebracht, sich auch dieses ungeheure Gebiet nutzbar zu machen? Und ist wirklich die Grenze der Lichtregion eine Schranke, die die Pflanze trotz ihrer vielseitigsten Anpassung nicht überschreiten kann — wie bringen es dann die Tiere fertig, in Regionen zu leben, in denen, wie Überlegung und Erfahrung lehrt, keine Pflanzen existieren? Sind sie imstande, dort die Ernährung unabhängig von ihnen durchzuführen?

Um diese Fragen zu beantworten, müssen wir uns klar darüber werden, was das Licht für die Pflanze bedeutet; dabei werden wir sehen, warum diese sich an alles anpassen kann, nur nicht an den Lichtmangel: das Licht ist für sie nicht eine formale, rein äußerliche Lebensbedingung, sondern es ist die Kraft-

quelle, die unerläßlich ist für die Erhaltung des Lebensgetriebes. Leben besteht in immerwährender Veränderung; der lebendige Organismus bewegt sich, er wächst, er entwickelt sich und für alle diese Veränderungen ist eine Kraftquelle nötig. Kraft kann ja nicht aus nichts entstehen, sondern, wie das die Physik beherrschende Grundgesetz lehrt, nur verwandelt werden, und so muß der lebendige Organismus die Kraft, die nötig ist, um diese stetige Kette von Veränderungen zu erzeugen, die wir das Leben nennen, von außen schöpfen. Vom Tier wissen wir ja, daß es die Nahrung hierzu benützt; wir wissen ja, daß der erwachsene Organismus, der nur verschwindend wenig Substanz zum Ersatz verlorengehender Körpermasse braucht, doch ein großes Nahrungsbedürfnis hat, das ihm eben die Kraft zum Leben verleiht. Nehmen wir keine Nahrung zu uns, so schwinden, wie wir wissen, die Kräfte, bis wir schließlich früher oder später zugrunde gehen. Die Art und Weise, wie der tierische und menschliche Körper die Nahrung als Kraftquelle benutzt, ist uns auch wohlbekannt: der Körper zerstört die Nahrung, indem er sie mit dem Sauerstoff der Luft in Verbindung bringt und diesen Zerstörungsprozeß benutzt er alsdann als Quelle der Kraft, ebenso wie wir es mit dem Feuerungsmaterial tun, das wir zum Betriebe unserer Maschinen benutzen. Das ist kein äußerlicher Vergleich, sondern er trifft vollständig das Wesen der Dinge. Durch Verbrennung wird im Körper, sowie außerhalb des Körpers Kraft frei, und kann infolgedessen nutzbar gemacht werden.

Woher schöpft aber das Tier seine Nahrung? Wenn wir diese Frage weiter verfolgen, so werden wir finden, daß wir zuletzt immer auf die Pflanzen als ursprüngliche Nahrungsquelle stoßen. Mögen wir Pflanzenfresser vor uns haben, die direkt nur von der Zerstörung pflanzlichen Materiales leben, oder Fleischfresser, welche sich die Substanz zunutze machen, die andere Tiere auf Kosten von Pflanzenmaterial aufgebaut haben, wir werden immer finden, daß im letzten Grunde der Pflanze die Aufgabe zufällt, die notwendigen Stoffe herzustellen. Es fragt sich also, wie die Pflanze dazu befähigt ist, eine Nahrung herzustellen, die als Kraftquelle dient, und woher schöpft sie die Kraft, die dazu notwendig ist? Dazu verwendet sie eben die Kraft der Sonnenstrahlen. Im Gegensatz zum Tier ist die Pflanze scheinbar recht anspruchslos in ihren Nahrungsbedürfnissen. Wir

können eine Pflanze großziehen, wenn wir ihr weiter nichts geben als Wasser und eine Spur bestimmter anorganischer Salze. Freilich: etwas ist dazu noch nötig, Luft und Licht; ohne diese beiden Dinge kann sie sich nicht entfalten, denn mit Luft und Licht baut sie ihren Körper auf, damit schafft sie jene Stoffe, die dem Tiere als Nahrung dienen und von ihm als Kraftquelle benutzt werden. Das geschieht dadurch, daß sie aus der Luft einen Anteil schöpft, der nur in geringer Menge in ihr enthalten ist, aber immer und überall sich findet, die Kohlensäure. Diese Kohlensäure zersetzt sie und benützt dazu die Kraft der Sonnenstrahlung. Aus der Kohlensäure, die aus Kohlenstoff und Sauerstoff besteht, spaltet sie dies zuletzt genannte Gas ab und schafft dadurch mit Hilfe von Wasser die Verbindungen, die wir als organische Stoffe zu bezeichnen pflegen. Zunächst entstehen bei diesem Prozeß in der Pflanze Zuckerarten. Diese Zuckerarten kann sie dann nach Bedarf weiter verwandeln in alle jene Substanzen, aus denen sich ihr Körper zusammensetzt. Aber diese Zuckerarten und die Stoffe, die aus ihnen in der Pflanze entstehen, sind nicht nur als Baumaterial wertvoll, sondern stellen zugleich eine Kraftquelle dar; in ihnen steckt nämlich jene Energiemenge, die die Pflanze zu ihrer Herstellung verwendet. Wir haben ja schon vorhin betont, daß Kraft nicht aus Nichts geschaffen werden kann; ebensowenig kann Kraft verloren gehen und sie ist der mannigfaltigsten Verwandlung fähig. Wenn die Pflanze zum Aufbau der organischen Substanzen Kraft verbraucht, die sie aus dem Sonnenlicht schöpft, so bleibt diese in ihnen gebunden und kann aus ihnen wieder frei gemacht werden, und zwar durch Zerstörung, durch einen Vorgang, der die betreffenden Stoffe wieder in ihre ursprüngliche Form zurückführt. Bestand, wie wir gesehen haben, die Tätigkeit der Pflanze darin, daß sie die Kohlensäure unter Sauerstoffabscheidung und Bindung von Kraft spaltete, so kann eben diese wieder disponibel gemacht werden, dadurch, daß die organische Substanz Sauerstoff aufnimmt und sich in Kohlensäure und Wasser zurückverwandelt.

In dieser Weise verwertet auch die Pflanze einen Teil der organischen Substanzen, die sie selbst herstellt. Wenn sie Kraft zur Ausübung gewisser Lebensfunktionen braucht, so zerstört sie eben wieder einen Teil dieser Stoffe und macht die aufgespeicherte Energie wieder frei. In derselben Weise benutzt auch das Tier

die pflanzliche Nahrung, es zerstört die organischen Substanzen, aus denen die Pflanze ihren Körper aufgebaut hat und benützt sie als Kraftquelle, und in derselben Weise verfahren auch wir, wenn wir Kohle, Holz und ähnliche Stoffe als Feuerung zum Betrieb unserer Maschinen benützen. Wir nehmen die organische Substanz, die Pflanzen aufgebaut haben, wir verbinden sie mit Sauerstoff, und machen uns dabei die Energie zunutze, die in ihnen steckt. Wenn wir etwa Steinkohlen verbrennen und die Wärme zur Beheizung unserer Zimmer oder zur Gewinnung von Kraft verwenden, so gewinnen wir damit die Kraft des Sonnenlichtes, das vor vielen, vielen Jahrtausenden von den Pflanzen aufgefangen und zur Herstellung organischer Substanzen benützt wurde, welche zur Steinkohlenzeit die ausgedehnten Wälder bildeten, aus denen mit der Zeit die Kohlenlager entstanden sind.

Diese Betrachtungen lehren uns also die Bedeutung kennen, die die Pflanzen in der Ökonomie der gesamten Natur, also auch in der des Meeres spielen. Die Tiere haben die Fähigkeit, organische Substanzen unter Verwertung des Lichtes zu erzeugen, verloren, und sind in ihrer Ernährung auf die Pflanzen angewiesen. Die Pflanzen aber benutzen dazu das Licht und können nur dort existieren, wohin dieses gelangt. Nun könnte es aber doch wunderbar erscheinen, daß in den großen Meerestiefen, in welche kein Licht gelangt, sich nicht Organismen herausgebildet haben, die auf andere Weise die Stoffe zu bilden vermögen, welche sie zum Aufbau des Körpers und zum Betriebe des Lebens brauchen. Wir haben ja so oft schon betont, daß zwar die Kraft nicht aus Nichts geschaffen werden kann, daß sie aber der mannigfaltigsten Wandlungen fähig ist. Wie kommt es, daß die Pflanzen in Regionen, in denen sie kein Licht haben, nicht die Möglichkeit finden, auf anderem Wege organische Substanzen zu bilden? Auch da, wo das Licht nicht hingelangt, ist ja Kraft vorhanden, z. B. enthält das Meer doch eine ungeheure Menge von Wärme absorbiert, die durch die Sonnenstrahlung hineingelangt ist und im Wasser festgehalten wird. Warum können die Organismen der Tiefsee sich diese Wärme nicht dienstbar machen und sie als einen Ersatz des Lichtes benützen? Es läßt sich leicht berechnen, daß, wenn das Wasser der Umgebung nur um wenige Grade abgekühlt werden könnte, dadurch eine außergewöhnlich große Kraft gewonnen würde, und es geht daraus hervor, daß die Meeresorganismen

von einem unerschöpflichen Kraftvorrat umgeben sind. Hier aber wirkt ein zweites Naturgesetz. Während wir früher gehört haben, daß Kraft in der verschiedensten Weise verwandelt werden kann, daß dabei nur bestimmte, zahlenmäßige Verhältnisse bewahrt bleiben müssen, so daß schließlich nach allen Umwandlungen die gesamte Kraftmenge nicht größer und nicht kleiner geworden ist, besagt dieses zweite Gesetz, daß die betreffenden Umwandlungen nur unter bestimmten Bedingungen vor sich gehen können. Diese Bedingungen sind dann realisiert, wenn die Kraft im Begriffe ist, von selbst von einem Orte zum anderen überzugehen. Wir können uns das durch nichts so klar machen, als durch die Überlegung, unter welchen Bedingungen wir uns die Wasserkraft zum Betriebe von Maschinen beliebiger Art dienstbar machen können. In einem hochgelegenen Bergsee steckt ein ungeheurer Kraftvorrat, denn das Wasser hat ja die Neigung, auf ein niedrigeres Niveau hinabzufließen, und dabei eine große Kraftentwicklung auszuführen. Solange aber der Bergsee den Abfluß nicht hat, ist die in ihm steckende Kraft ein totes Kapital. Verschaffen wir ihm den Abfluß, so geht es uns mit der Zeit verloren, wir können es aber in nutzbringender Weise durch Verwandlung in die verschiedensten Formen verwerten. Genau so wie mit der Kraft des Wassers, verhält es sich mit allen anderen Kraftformen. Ist in irgendeinem Wasserreservoir die Wärme gleichmäßig verteilt, so stellt diese eine große Kraftreserve dar, die aber nicht benützt werden kann, solange nicht ein Übergang stattfindet von einer Stelle, an welcher die Temperatur höher ist, zu einer, an der sie niedriger ist. Nur wo gewissermaßen ein Sturz der Energie von einem hohen Niveau auf ein niedriges stattfindet, nur da kann eine Verwandlung erfolgen, und darum ist die Pflanze nicht imstande, in den Tiefen des Meeres die Wärme des umgebenden Wassers aufzusaugen und zum Betriebe ihrer Lebensfunktionen zu verwenden. Wo aber das Licht der Sonne hinscheint, da sind die Bedingungen zur Energietransformation in der schönsten Weise gegeben, denn die Sonne ist, wie uns schon ihr bloßer Anblick lehrt, ein Körper von höchster Temperatur. Sie befindet sich in heller Weißglut und sendet deswegen fortwährend ungeheure Mengen von Kraft herab auf die Erde, deren Temperatur ja eine bedeutend niedrigere ist. Es geht also fortwährend „strahlende Energie" von einem Orte, an dem die Kraft sich auf einem

höheren Niveau befindet, auf einen Ort niedrigeren Niveaus über und das ist, wie wir gehört haben, die geeignete und notwendige Bedingung der Transformation der Energie. Und dies lehrt uns auch verstehen, warum die Pflanzen in so unauflöslicher Weise an das Licht geknüpft sind.

Wir haben uns also klar gemacht, weshalb die Pflanzen nur in der Lichtregion wachsen können, warum sie es mit aller Zähigkeit der Anpassung nicht fertig bringen, die Regionen des Meeres zu bevölkern, die unterhalb einer gewissen Tiefe gelegen sind. Aber wir haben noch nicht erklärt, wie unter diesen Umständen die Ernährung der Tiefseetiere zustande kommt. Erweiterte Kenntnis und vertiefte Einsicht haben ja den von Forbes ausgesprochenen Grundsatz völlig bestätigt, daß die Tiere in der Tiefe keine eigentliche Nahrungsquelle besitzen. Wenn sie aber doch, wie sich seither gezeigt hat, überall verbreitet sind, so kann das nur darauf beruhen, daß von der Oberfläche, wo im Lichte durch die Tätigkeit der Pflanzen organische Substanz erzeugt wird, genügende Mengen von Nahrung in die Tiefe hinabfallen, um alle dort lebenden Tiere zu ernähren. In der Tat liegen auch diese Verhältnisse so. Die gesamte Tiefseefauna ist abhängig von denjenigen Mengen organischer Substanz, die in den obersten 100 bis 150 Metern erzeugt werden. Und aus diesen Schichten rieselt beständig ein Regen von toten Pflanzen und Tierleibern hernieder, deren Hinabfallen, wie wir später noch ausführlich hören werden, mit Hilfe bestimmter Instrumente genau verfolgt werden kann. So ergibt sich dann aus diesen Betrachtungen die Tatsache, daß im Meere nicht nur eine enge Wechselbeziehung zwischen den die gleiche Region bewohnenden Organismen besteht, sondern daß die Lebewesen der verschiedensten Schichten miteinander in der engsten Weise verknüpft sind. Wir ersehen daraus, daß die Aufgaben, die der Meeresbiologie erwachsen, recht komplizierte sind und sich nicht auf die Feststellung der in der Tiefe lebenden Organismen und ihrer geographischen Verbreitung beschränken.

Als man sich mit der Beschaffenheit des Meeresbodens in verschiedenen Tiefen zu beschäftigen begann, lernte man noch eine Beziehung anderer Art kennen, die zwischen den Tiefen des Ozeans und dem Leben an der Oberfläche des Meeres besteht. Das ist nämlich die Tatsache, daß ein großer Teil des Meeresbodens aus Überresten von Organismen gebildet wird, die an

der Oberfläche leben. Schon im 18. Jahrhundert war beobachtet worden, daß sich im Meere in der Nähe der Küsten winzige Lebewesen befinden, die mit kleinen Kalkschalen versehen sind, mit Schalen von eigentümlicher Gestalt und Struktur; und man hatte gleichzeitig die Bemerkung gemacht, daß diese Schalen für den Naturforscher kein unbekanntes Objekt darstellen: in gewissen Kalkgebirgen, die oft mitten im Festlande liegen, besteht der Stein aus einer unendlichen Zahl derartiger Gebilde. Zu jenen Zeiten war weder die Geologie noch die Biologie des Meeres weit genug, um eine befriedigende Antwort auf die Frage nach dem Entstehen derartiger Gebilde zu geben. Im 19. Jahrhundert aber hat sich allmählich die Ansicht Bahn gebrochen, daß ein großer Teil der Gesteine, die heutzutage die Gebirge der Erde ausmachen, sich aus Ablagerungen des Meeres gebildet haben. Die Teile, die heute das Festland bilden, sind teilweise vor langen Zeiten an der Bildung des Meeresbodens beteiligt gewesen, und so haben sich in ihnen die Reste von Organismen erhalten, die früher das Meer bevölkerten und so ist es auch möglich, daß gewisse Gesteine fast völlig aus solchen Resten bestehen. Als man in den Untersuchungen über den Boden des Meeres immer neue Fortschritte machte, als man lernte, bei jeder Lotung auch eine Probe des Meeresbodens an die Oberfläche zu befördern, da gelang es nun mit einem Male, die Bildung derartiger Gesteine an Ort und Stelle zu verfolgen. Viele Gesteine, die an der Bildung unserer Gebirge beteiligt sind, sind einst auf dem Meeresgrunde aufgebaut worden und am Meeresgrunde können wir den Prozeß vor sich gehen sehen, der sich vor vielen Jahrtausenden an der Stelle unserer heutigen Gebirge abgespielt hat. Mit immer größerem Interesse wurden die Ablagerungen des Meeres verfolgt, und dabei zeigte sich, wie auch sie von gewissen Gesetzmäßigkeiten beherrscht werden: In der Nähe der Küste finden sich hauptsächlich Ablagerungen, die vom Lande herrühren. Gröberer und feinerer Sand, tonhaltiger Schlamm bilden hier den Grund des Meeres, der natürlich verschieden ist, je nach der Natur des Festlandes, an welches das Meer grenzt. Flüsse und Schmelzwässer bringen stets große Mengen von Sinkstoffen mit, die sich allmählich aus dem Wasser absetzen. Entfernen wir uns aber von der Küste, so treten diese, von der Erde her abstammenden Ablagerungen, die sogenannten Ablagerungen terrigenen Ursprungs, zurück, um

einer neuen Art von Bodenschlamm Platz zu machen, der wesentlich aus Überresten von Tieren und Pflanzen besteht. Man lernte

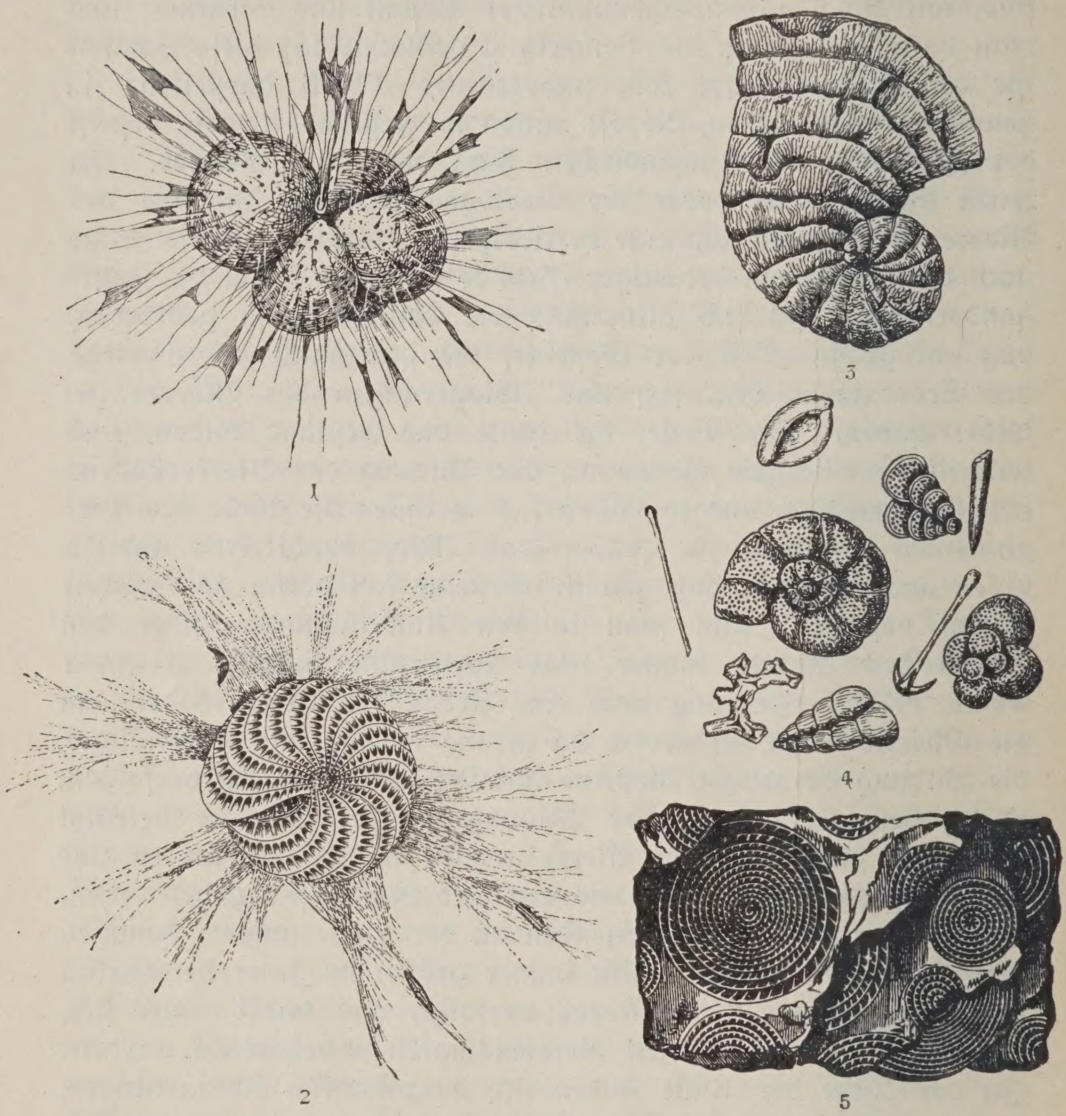


Fig. 1. 1 und 2 lebende Foraminiferen mit Gehäuse und Protoplasmasträngen. 3 leere Foraminiferenschale. 4 und 5 fossile Foraminiferenschalen aus der Kreide (4) und aus dem Nummulitenkalk (5). (Aus Schmeil, Zoologie.)

sehr bald, daß es von solchem Bodenschlamm verschiedene Arten gibt. Da fand man zunächst den sogenannten Globigerinenschlamm, der wesentlich aus Kalkschalen kleiner Tierchen besteht: der Foraminiferen, die in ihrer Gestalt etwas an Schnecken=

schalen erinnern und im einzelnen die mannigfaltigste Form haben können; Fig. 1 zeigt uns Beispiele hierfür: 1 und 2 sind lebende Exemplare, 3 eine leere Schale, 4 und 5 derselben Figur zeigen uns dagegen die vorweltlichen Verwandten dieser Formen,

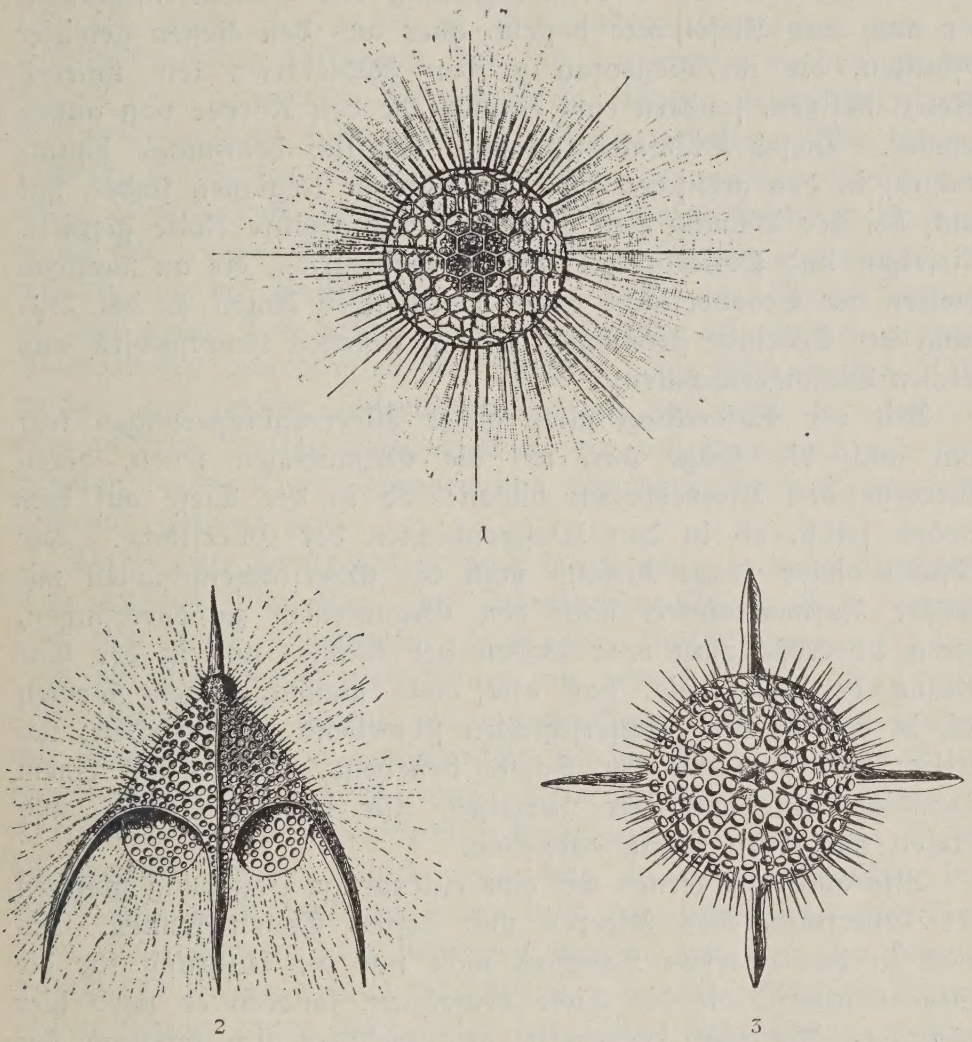


Fig. 2. Lebende Radiolarien mit Kieselskelett und Protoplasma. (Aus Schmeil, Zoologie.)

deren Schalen in Kreide und Nummulitenkalk erhalten sind; man lernte ferner den Radiolarienschlamm kennen, der im Gegensatz zu dem zuerst genannten hauptsächlich aus Kiesel- skeletten besteht und zwar aus den Überresten der Radiolarien, der sogenannten Strahltierchen, von denen Fig. 2 einige Formen

zeigt, die im Innern ihres weichen Körpers ein Skelett aus Kieselsäure haben, das in der mannigfaltigsten Weise aus zierlichen, nach allen Richtungen hin ausstrahlenden Kieselnadeln zusammengesetzt ist; und in hohen Breiten fand man eine andere Art von Bodenablagerung, den Diatomeenschlamm, der auch aus Kieselsäure besteht, aber aus den Resten gewisser Pflanzen, die im Gegensatz zu den Radiolarien kein inneres Skelett besitzen, sondern eine Kapsel, die den Körper von außen umgibt. Dieser Diatomeenschlamm, der sich heutzutage hauptsächlich in den arktischen und antarktischen Regionen findet, hat auch bei der Bildung von Gesteinen eine gewisse Rolle gespielt. Kieselgur und Polierschiefer, zwei Gesteinsarten, die an manchen Stellen der Erdoberfläche einen bedeutenden Anteil an der Bildung der Erdrinde genommen haben, bestehen hauptsächlich aus solchen Diatomeenschalen.

Mit der Entdeckung aller dieser Meeresablagerungen trat nun auch die Frage auf, wo die Organismen leben, deren Überreste den Meeresboden bilden: ob in der Tiefe auf dem Boden selbst, ob in den Wasserschichten der Oberfläche. Zur Lösung dieser Frage begann man die Oberflächenschichten mit großer Aufmerksamkeit nach den Organismen zu durchsuchen, deren Überreste man vom Boden her kannte; und in der Tat gelang der Nachweis, daß alle diese mannigfaltigen Formen sich in den oberen Wasserschichten schwebend wiederfinden; natürlich nicht nur aus der Schale bestehend, sondern mit einem lebendigen Plasmakörper versehen, für welchen Schale und Skelett nur einen Schutz darstellen.

Also auch hier lernen wir eine eigenartige Beziehung zwischen der Oberfläche des Meeres und dessen Tiefen kennen. Es wird in den obersten Schichten nicht nur die Nahrung für die Tiere beschafft, die die Tiefe bewohnen, sondern es wird hier auch das Material hergestellt, aus welchem sich langsam der Meeresgrund aufbaut, und damit das Gestein, das einmal daraus werden wird, wenn sich die betreffenden Stellen der Meerestiefe zur Bildung neuer Kontinente erhoben haben.

Man darf sich übrigens nicht vorstellen, daß diese Schalen und Überreste von Organismen der Oberfläche unverändert am Meeresboden liegen bleiben. Sie sind im Gegenteil oft mehr oder weniger zerstört; und namentlich ist dies mit den Kalkschalen der Fall, sobald sie in größere Tiefen gelangen. Wir

treffen den Globigerinenschlamm, der auch als weißer Tiefseeton bezeichnet wird, in Tiefe bis zu etwa 1500 Metern an. Wenden wir uns größeren Tiefen zu, so sehen wir, daß seine Farbe immer dunkler wird, daß sie in graubraun und schließlich in rotbraun übergeht. Mit steigender Tiefe verwandelt sich der weiße Tiefseeton in eine andere Formation, den sogenannten roten Tiefseeton, der sich regelmäßig in den großen Tiefen der wärmeren Meeresgebiete findet. Wie dieser rote Tiefseeton entsteht, können wir uns leicht vorstellen. Wir können nämlich beobachten, daß die Verfärbung des weißen Tones von einer allmählichen Zerstörung der Kalkschalen begleitet ist, und wenn wir weißen Ton der Wirkung von Salzsäure aussetzen, in welcher sich die Kalkschalen lösen, so wird eine Masse daraus, die dem roten Ton völlig gleicht. Es besitzt also in den großen Meerestiefen das Wasser die Fähigkeit, den kohlensauren Kalk rascher und leichter aufzulösen, so daß nur noch die Spuren von anderen Stoffen übrig bleiben, die außerdem noch mit den Schalen in die Tiefe gelangen und die durch ihren Eisengehalt rotbraun gefärbt sind.

Dieser rote Tiefseeton ist noch durch einen anderen Umstand von großem Interesse. Im Atlantischen Ozean ist er durchsetzt von einer ungeheuren Zahl von Haifischzähnen. Jeder Zug mit dem Schleppnetz bringt mit dem Schlamm eine Fülle dieser Objekte mit herauf, die uns ein klares Bild davon geben, mit welch ungeheurer Langsamkeit sich die Bildung dieser Tiefseeablagerungen vollziehen muß. Denn der Boden ist von diesen Überresten der Haifische förmlich besät und doch sind diese Tiere bei weitem nicht so häufig, als man es aus jener Fülle im ersten Augenblick schließen würde und das lehrt, wie unendlich viele Generationen dazu beitragen müssen, um nur eine dünne Schicht des Meeresbodens herzustellen. Ja, wir finden im Atlantischen Ozean sogar dicht unter der Oberfläche Zähne, welche Haifischen angehören, die heute nicht mehr existieren, sondern in einer längst vergangenen Epoche gelebt haben. Und doch liegen über den Resten dieser Geschöpfe nur wenige Zentimeter Schlamm: so langsam geht also dessen Bildung vor sich. Das hindert nicht, daß sich an der Oberfläche manche Gebirge befinden, die aus Schiefer bestehen, der, wie aus seiner ganzen Struktur und Zusammensetzung zu schließen ist, aus solchen Tiefseetonen entstanden ist. Wir können daraus ungefähr die

Zeiträume ermessen, die zur Bildung dieser Gesteine nötig gewesen sind.

So sehen wir, daß sich mit der Erforschung der Meerestiefen nicht nur biologische Aufgaben verbinden, sondern auch Probleme, deren Lösung für die Geologie von großer Bedeutung ist. Und so ist es nicht zu verwundern, daß bald nach den Entdeckungen, von denen eingangs die Rede war, sich die Wissenschaft mit großem Eifer der Erforschung des Meeres in allen seinen Schichten zuwandte. Viel wurde in dieser Beziehung von nordischen Forschern getan, die den Vorteil haben, große Meerestiefen mit interessanten biologischen Verhältnissen in der Nähe des Festlandes ihrer Heimat an leicht zugänglichen Stellen zur Verfügung zu finden. Die Ergebnisse dieser Gelehrten haben hauptsächlich auf die englischen Zoologen großen Eindruck gemacht und dieses Land war es, von dem zuerst die Initiative zu großen ozeanographischen Unternehmungen ausging. Nachdem während mehrerer Jahre verschiedene Kriegsschiffe die Meeresgebiete nördlich von England und das Mittelländische Meer mit großem Erfolge in biologischer und ozeanographischer Hinsicht untersucht hatten, wurde im Jahre 1873 eine Expedition ausgerüstet, die auf dem Kriegsschiff Challenger während dreier Jahre alle Breiten der drei Ozeane durchkreuzte, alle ihre Tiefen durchforschte und mit wertvollem Material reich beladen heimkehrte, das noch heute die Grundlage unserer Kenntnis des Ozeans bildet. Nachdem diese Expedition so große Erfolge errungen hatte, standen auch die anderen Nationen nicht zurück und es haben dann deutsche, französische, italienische, amerikanische Schiffe, überhaupt Schiffe aller kultivierten Nationen die heimischen Gewässer sowohl, wie die entferntesten Meeresgebiete durchforscht und auf diese Weise in erstaunlich kurzer Zeit sämtliche Zweige der ozeanographischen Wissenschaften mit ausgedehnten Kenntnissen bereichert. Es geht schon aus dem, was wir in unseren einleitenden Betrachtungen gelegentlich gesagt haben, hervor, daß die ozeanographischen Untersuchungen in sehr vielseitiger Weise durchgeführt werden müssen, wenn sie zu einem brauchbaren Resultat führen sollen. Wir haben ja schon gehört, daß mit der Tiefe sich die Temperatur ändert und die Menge des Lichtes, die bis dorthin vorzudringen vermag; mit der Entfernung von der Küste und mit der geographischen Breite unterliegt, wie wir noch hören werden, der Salzgehalt beträcht-

lichen Schwankungen. Wir müssen also, wenn unser Ziel, die Erkenntnis der Wechselbeziehungen aller Organismen untereinander, sowie der Abhängigkeit, in welcher sie von der Außenwelt stehen, erreicht werden soll, die Bedingungen genau kennen, die an dem Ort herrschen, an dem wir ein bestimmtes Tier oder eine bestimmte Pflanze finden. Nur dadurch sind wir imstande, allmählich zur Erkenntnis der Gesetzmäßigkeiten, die die Verteilung des Lebens im Meere beherrschen, zu gelangen, und so hat denn eine ozeanographische Expedition die mannigfachsten physikalischen, chemischen und biologischen Beobachtungen durchzuführen, wenn sie ihrer schweren Aufgabe gerecht werden will. Mit welchen Mitteln dies geschieht, wollen wir uns zuerst vor Augen führen, ehe wir zur Darstellung der Ergebnisse übergehen, die die ozeanographische Wissenschaft in den letzten 40 Jahren gezeitigt hat.

II. Kapitel.

Über die Methodik der ozeanographischen Forschungen.

Das erste, was man zur Ausführung ozeanographischer Arbeiten braucht, ist natürlich ein seetüchtiges Schiff, dessen Beschaffenheit davon abhängt, ob es auf dem offenen Ozean oder nur im Bereich der Küste arbeiten soll. Schon diese Grundvoraussetzung aller Unternehmungen auf dem Gebiete der Meeresforschung bildet eine große Schwierigkeit und bringt es mit sich, daß die Gelegenheit zu solchen Arbeiten im allgemeinen schwer zu erreichen ist, schwerer als auf irgendeinem Gebiete der Naturwissenschaft. Im einzelnen kann die Beschaffenheit eines Schiffes, das für eine Meeresexpedition bestimmt ist, sehr verschieden sein. Erst in neuester Zeit verfügt die Wissenschaft über Fahrzeuge, die eigens für ihre Zwecke gebaut sind, wie z. B. diejenigen der Internationalen Kommission für Meeresforschung, die die systematische Untersuchung der nördlichen Meere sich zur Aufgabe gemacht hat. Zum Teil sind diese nach dem Modell der Fischdampfer gebaut, also jener Schiffe, deren Hauptaufgabe Arbeiten sind, die mit den ozeanographischen Untersuchungen

die größte Verwandtschaft haben. Eigens für ozeanographische Untersuchungen gebaut ist und mit speziellen Einrichtungen hierfür versehen ist auch die Princesse Alice, auf welcher der Fürst von Monako mit seinen Mitarbeitern seine Expeditionen auszuführen pflegt. In früheren Zeiten benutzte man für derartige Expeditionen irgendwelche Fahrzeuge, die ohne große Schwierigkeiten durch Ein- und Umbauten für den gedachten Zweck herzurichten waren und das Schiff, das bis auf den heutigen Tag noch als Muster eines Expeditionsschiffes gelten kann, der Challenger, war eine alte Kreuzerfregatte, die gerade außer Dienst gestellt werden sollte, als ihr die Aufgabe zufiel, in einem drei Jahre währenden Streifzuge das Weltmeer zu durchkreuzen. Für Küstenuntersuchungen dienen kleinere Fahrzeuge, von denen heutzutage eine ganze Anzahl im Dienste der biologischen Meeresstationen arbeiten.

Vergegenwärtigen wir uns nun die Aufgaben, die auf einem solchen Schiffe zu lösen sind, wenn es an einem Punkte anlangt, an welchem die Untersuchungen beginnen sollen. Das erste ist natürlich die Bestimmung der Position des Ortes, an dem man sich befindet, eine Arbeit, die dem seemännischen Teile der Mannschaft zufällt und unbedingt notwendig allem anderen vorausgehen muß. Wir brauchen uns darüber nicht weiter zu verbreiten, weil es sich hier nicht um besondere ozeanographische Bestimmungen handelt, sondern um solche, die auf jedem Schiffe ausgeführt werden. Befindet man sich in der Nähe der Küste, so benützt man natürlich zur Positionsbestimmung die markanten Punkte, die an dieser zu sehen sind. Es genügt ja, den Abstand von zwei verschiedenen solchen Stellen zu bestimmen, um den Ort der Beobachtung mit genügender Genauigkeit festzustellen. Auf hoher See bedient man sich der astronomischen Bestimmungen, deren Methoden wie gesagt dieselben sind, wie bei der Seefahrt überhaupt.

Ist die Position festgestellt, so hat zunächst eine zweite, rein geographische Bestimmung zu erfolgen, nämlich die Messung der Tiefe. Das geschieht nicht allein im wissenschaftlichen Interesse, das eine möglichst genaue Forschung des Bodenprofils erfordert, sondern auch aus rein praktischen Rücksichten. Von der Tiefe hängt nämlich die Art und Weise ab, in welcher die folgenden Operationen ausgeführt werden. Die Disposition über Entnahme von Wasserproben und Temperaturbestimmung, die

Handhabung der Grund- und Vertikalnetze, von denen wir bald hören werden, — alles das hängt davon ab, wie tief das Meer an der Beobachtungsstation ist, und so haben wir die Technik des Lotens zuerst ins Auge zu fassen.

Tiefenbestimmungen wurden von jeher ausgeführt, solange man Seefahrt und Fischerei betrieb. Der Seefahrer muß an der Küste genau die Untiefen kennen, die sein Schiff gefährden, und er muß ausfindig machen, an welchen Stellen er günstigen Ankergrund findet; der Fischer muß die Tiefe messen, bis zu welcher er sein Netz herabläßt. Aber beide, Seefahrer und Fischer, brauchen sich nur um geringe Tiefen zu kümmern, denn die großen bringen ihnen weder Gefahr noch Vorteil, und so sind denn die Apparate, deren beide sich von jeher zu bedienen gewohnt sind, auch nur für geringe Tiefen berechnet und sehr einfacher Art. Das sogenannte Lot, ein Bleigewicht, an einem Tau befestigt, auf welchem in gewissen Abständen die Länge markiert ist: das ist alles, was man zum Loten in geringer Tiefe braucht. Die Leine wird mit der Hand ausgegeben, die Hand fühlt, wenn das Lot auf den Grund aufstößt und die Zeichen an der Leine lassen erkennen, wieviel davon ausgegeben ist, in welcher Tiefe sich also der Boden befindet. Je größer aber diese Tiefe wird, um so undeutlicher fühlt die Hand das Aufschlagen des Lotes, und so werden schließlich andere Einrichtungen nötig, die eine Bestimmung größerer Meerestiefen zu erlauben. Doch können wir an diesen Einrichtungen beobachten, daß meistens das Prinzip des Handlotes gewahrt bleibt, daß nur seine einzelnen Teile durch kompliziertere Maschinen ersetzt werden. An Stelle der Leine tritt zunächst ein Kabel, das auf einer Trommel aufgerollt ist. Diese Trommel gibt das Kabel aus und ein Zählwerk erlaubt es, zu bestimmen, wie lang das ausgegebene Stück ist. Das Aufschlagen des Lotes auf dem Grund wird nicht mehr durch die Hand wahrgenommen, sondern durch ein sogenanntes Dynamometer beobachtet, einen Apparat, der anzeigt, wie stark eine in ihm enthaltene Feder durch den Zug des Gewichtes gespannt ist. Solange das schwere Lot sinkt, ist diese Spannung groß. Sobald es auf dem Boden aufschlägt, geht sie zurück, weil das Lot ja nunmehr keinen Zug ausübt; durch eine Bremse wird in diesem Augenblick das weitere Ausgeben des Kabels unterbrochen und man liest an dem Zählwerk die Tiefe ab. In dieser Weise kann man Meerestiefen bis zu 1000 Metern gut erkennen.

Handelt es sich aber um noch größere Tiefen — die größten Meerestiefen geben den Spitzen der höchsten Berge nichts nach, sie betragen ebenfalls über 8000 Meter —, so muß man eine noch kompliziertere Lotmaschine (Fig. 3) verwenden, deren Prinzip darauf beruht, daß das Aufschlagen des Lotes nicht am Dynamometer beobachtet wird, worauf man die Weiterausgabe des Kabels unterbricht, sondern daß dieses Bremsen automatisch erfolgt, wenn das Lot den Grund berührt. Das wird im einzelnen in etwas verschiedener Weise erreicht, das Prinzip ist aber überall das Gleiche und leicht zu verstehen. Man schaltet nämlich sogenannte Akkumulatoren ein, Apparate, die an der Lotleine befestigt sind und die den Zug, welcher an dieser Leine herrscht, reguliern können. Eine einfache Form des Akkumulators, die z. B. auf dem Challenger benutzt wurde, ist folgende: zwei starke Platten sind durch eine große Anzahl kräftiger Gummibänder miteinander verbunden. An der unteren Platte hängt das Lot die obere ist mit der Kabeltrommel verbunden. Infolge der Elastizität der Gummibänder ändert sich der Abstand der Platten je nach dem Zug, den das Lot auf die Leine ausübt. Dabei ist übrigens dafür gesorgt, daß nicht etwa ein Verlust durch Zerreißen der Gummibänder eintreten kann. Es ist nämlich zwischen beide Platten ein etwas längeres Kabelstück eingeschaltet, durch welches diese auch im Falle des Reißens der Bänder zusammengehalten werden. Nun sind leicht in verschiedener Weise Einrichtungen anzubringen, die diesen Akkumulator mit der Bremse der Kabeltrommel in Verbindung bringen und zwar so, daß

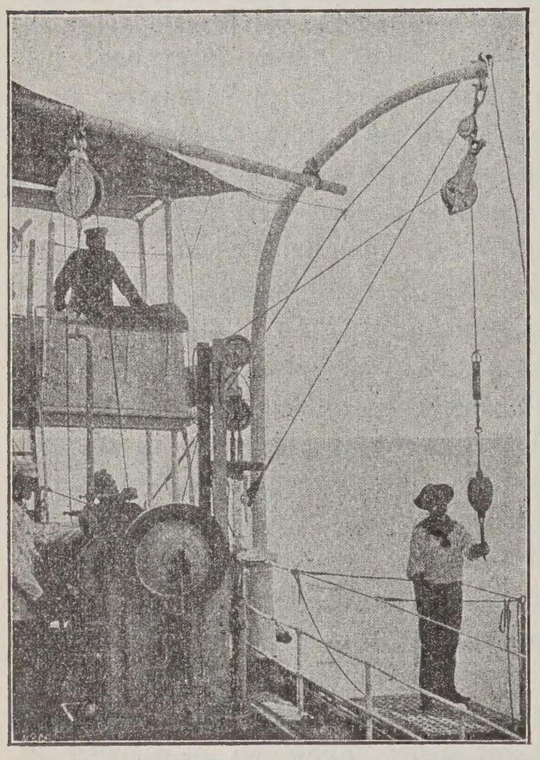


Fig. 3. Lotmaschine der Valdivia. (Nach Chun.)

die Bremse gelockert wird, wenn die Platten infolge des Zuges auseinander treten, daß sie aber angezogen wird und die Trommel infolgedessen zum Stillstand bringt, wenn beim Aufschlagen des Lotes der Zug an der Leine aufhört. Auf diese Weise steht also der Apparat von selbst still, sobald der Grund erreicht ist und man hat nur nötig, die an dem Zählwerk bezeichnete Meerestiefe abzulesen.

Nach diesem Prinzip sind jetzt alle Lotmaschinen konstruiert und die Unterschiede beruhen nur in den Einzelheiten der technischen Ausführung, so daß wir auf eine Beschreibung der verschiedenen Formen dieses Apparates verzichten können. Übrigens ist die praktische Ausführung dieser Arbeit nicht ganz so einfach, wie es die theoretische Darlegung des Prinzips erscheinen lassen könnte. Es wird eine Komplikation z. B. dadurch herbeigeführt, daß der auf der Trommel lastende Zug beim Sinken des Lotes nicht konstant ist, sondern dadurch einer stetigen Veränderung unterliegt, daß das ausgegebene Kabel einmal durch sein Gewicht diesen Zug vergrößert, andererseits aber durch die Reibung im Wasser ihn verkleinert. Das schließliche Resultat hängt davon ab, ob man zur Lotung dünnen Stahldraht mit sehr geringer Reibung oder ein starkes Kabel mit großer Reibung verwendet. Auf jeden Fall muß aber diese Schwankung des Zuges berücksichtigt werden, weil es zu einem exakten Arbeiten gehört, die Geschwindigkeit der Ausgabe möglichst konstant zu erhalten und man muß infolgedessen stets die Bremse in der einen oder der anderen Weise handhaben. Große Schwierigkeiten werden ferner dadurch hervorgerufen, daß es nicht möglich ist, das Schiff während der Operation in Ruhe zu halten und namentlich, wenn es seitliche Bewegungen um seine Längsachse ausführt, wenn es, wie man sagt, rollt, wird die Arbeit außerordentlich erschwert; denn sobald das Schiff sich nach der Seite neigt, an welcher das Lot hinabgelassen ist, wird natürlich der auf dem Kabel lastende Zug augenblicklich stark vermindert. Neigt sich das Schiff nach der entgegengesetzten Seite, so wird er stark erhöht und bei bewegter See gehört viel Übung dazu, trotz dieser Störungen ein exaktes Arbeiten herbeizuführen.

Mit der Lotung verbindet man noch eine zweite Operation: die Untersuchung des Grundes. Wir haben ja gehört, daß die Beschaffenheit des Meeresbodens nicht nur für den reinen Ozeanographen Interesse hat, der das Meer, das Objekt seiner For-

schung, so genau wie möglich nach jeder Richtung hin kennen lernen möchte; auch der Biologe und der Geologe sind in hervorragendem Maße daran interessiert. Der erstere, weil der Meeresgrund, wie wir gesehen haben, zum größten Teile aus den Resten von Pflanzen und Tieren aufgebaut ist. Der letztere deshalb, weil er am Meeresboden die Bildung von Gesteinen vor sich sehen kann, die er an der Oberfläche des Erdbodens wiederfindet. Und so führt man heute niemals eine Lotung aus, ohne dabei eine Bodenprobe mit in die Höhe zu bringen. Anfangs gewann man diese Proben ganz zufällig dadurch, daß einzelne Schlammpartikelchen an dem Bleilot hängen blieben. Als man darin interessante Gegenstände für die naturwissenschaftliche Forschung entdeckte, begann man sie systematisch zu sammeln; zunächst einfach dadurch, daß man das Lot aushöhlte, die Höhlung mit Fett ausstrich, so daß eine größere Menge von Bodenschlamm darin hängen blieb. Heutzutage verfügt man über eine ganze Anzahl von Apparaten, die ein Aufnehmen größerer Bodenproben erlauben. Sie sind verschieden konstruiert. Ein Prinzip, nach dem sie gebaut sind, besteht darin, daß eine Röhre in den Schlamm hineingestoßen wird, die dann im Innern eine gewisse Menge Bodenschlamm mit hinaufbringt. Es gibt derartige Röhren, die fast einen Meter tief in den Schlamm eindringen können und so auch die Schichtung am Boden zu erforschen erlauben. Sie stecken gewöhnlich in einer zentralen Bohrung des Bleilotes, welches man in solchen Fällen bei der Lotung opfert. Es ist durch seine Aufhängung am unteren Ende der Lotleine dafür gesorgt, daß das Bleigewicht auf dem Grund sich beim Aufschlagen ablöst und liegen bleibt. Die Opferung des Bleigewichts lohnt sich, weil man dadurch beim Aufziehen des Kabels außerordentlich viel an Kraft und Zeit spart.

Ein anderes Prinzip für die Entnahme von Grundproben besteht in einer Anwendung einer Art von Schöpflöffeln, die sich auf dem Boden zusammenschließen und auf diese Weise eine Probe mitnehmen. Am ausgedehntesten verwendet der Fürst von Monako solche Apparate, bei deren Konstruktion die Schöpflöffel um ein Scharnier beweglich sind, und durch einen Riegel auseinandergehalten werden, der sich beim Berühren des Grundes löst und dadurch ein festes Aneinanderschließen der beiden Hälften des Apparates ermöglicht. Diese bringen auf diese Weise eine nicht unbedeutende Schlammprobe mit in die Höhe.

Ist also mit Hilfe dieser Methoden eine genaue Bestimmung der Tiefe und der Natur des Grundes erfolgt, so handelt es sich zunächst darum, die Beschaffenheit des über diesem Grunde lagernden Wassers kennen zu lernen, und zwar muß diese Untersuchung nach mehreren Richtungen hin erfolgen. Erstens ist die Meerestemperatur von großem Interesse: denn wir wissen, daß die Temperaturbedingungen für die Organismen von außerordentlicher Wichtigkeit sind, da sie es z. B. sind, die einen großen Einfluß auf ihre geographische Verbreitung haben. Andererseits hatten schon alte Erfahrungen gelehrt, daß die Temperaturverteilung im Meere außerordentlich interessante Züge aufweisen müsse, denn sobald man Tiefseelotungen anzustellen begann, beobachtete man, daß auch in den heißesten Regionen die Temperatur der Tiefe auffallend niedrig ist: Bleilote, die aus mehreren 1000 Metern heraufgezogen werden, sind immer äußerst kalt, auch wenn die Lotung in der Äquatorialregion ausgeführt wird. Dieses Phänomen hat von vornherein großes Interesse für die Untersuchung der Meerestemperatur erweckt, und je mehr man die diesbezüglichen Methoden verfeinerte, um so mehr lernte man den Wert dieser Messungen für Hydrographie und Biologie kennen. Es war nicht leicht, die Aufgabe zu lösen, die genaue Temperatur des Wassers in mehreren 1000 Metern Tiefe zu bestimmen und es hat langjähriger Arbeit bedurft, bis man dazu gelangte, dies ohne Schwierigkeiten in befriedigender Weise zu tun.

Heute verfährt man bei Temperaturmessungen in der Tiefsee nach zweierlei Prinzipien. Entweder bemüht man sich, eine Wasserprobe mit hinaufzubringen, die noch an der Oberfläche die gleiche Temperatur bewahrt, die sie an Ort und Stelle hatte, oder aber man konstruiert Apparate, welche in der Tiefe, wie an dem gewünschten Punkte herrschende Temperatur aufzeichnen.

Nach dem ersten Prinzip arbeitet der Wasserschöpfer von Pettersson-Nansen. Er bringt die Wasserprobe in die Höhe, ohne daß sich während der Zeit des Aufziehens die Temperatur erhöht oder erniedrigt. Diese Aufgabe wird dadurch gelöst, daß man die Probe mit einer wärmeschützenden Hülle umgibt. Es sind schon früher mancherlei Versuche in dieser Richtung gemacht worden. Alle beruhen darauf, daß das Wasser in einem Zylinder heraufgebracht wird, den man in einer bestimmten Tiefe zu schließen imstande ist. Die drei Teile dieses Zylinders,

sein Mantel und die beiden Böden, bestehen aus getrennten Stücken und werden durch eine Sperrvorrichtung auseinandergehalten. Sobald der Apparat auf die gewünschte Tiefe hinabgelassen ist, bewirkt man durch ein Fallot, welches am Kabel hinuntergleitet, daß die Sperrvorrichtung sich löst und der Mantel des Zylinders auf den unteren Boden, der obere Boden dagegen auf den Mantel fällt. Dadurch wird an der betreffenden Stelle eine Wassermasse in den Zylinder eingeschlossen, die man durch Aufziehen des Kabels an die Oberfläche befördert. Um nun eine Temperaturmessung dieses Wassers zu ermöglichen, ist es in erster Linie nötig, an dem Deckel des Zylinders ein Thermometer anzubringen, dessen Gefäß in das Wasser eintaucht, ferner aber den Zylinder aus einer möglichst gut wärmeschützenden Hülle herzustellen, so daß die Temperatur des Wassers während des Aufziehens keine Veränderung erleidet. Man hat verschiedene Stoffe dazu benützt. Die sinnreiche, von Petersson gefundene Lösung der Aufgabe besteht nun darin, daß das Wasser selbst als wärmeschützende Hülle verwendet wird. Der Apparat besteht aus Zylindern aus dünnem Metall, von denen drei ineinandergeschachtelt sind, die sich gleichzeitig durch das Fallen des Lotes schließen lassen. So kommt es, daß die den innersten Zylinder erfüllende Wassermasse von zwei, gleichfalls eingeschlossenen Wasserschichten umgeben ist, die als sehr schlechte Wärmeleiter eine Temperaturveränderung im Innern des Zylinders unmöglich machen. Das Thermometer taucht mit seinem Gefäß in den innersten Zylinder ein, und so kann man die Temperatur des Wassers aus großen Meerestiefen bestimmen, indem man den Apparat versenkt, und ihn an der gewünschten Stelle durch das Fallot schließt.

Das zweite Prinzip, nach dem man die Temperatur bestimmt, ist das des Umkehrthermometers, welches auf folgender Konstruktion beruht (Fig. 4). Ein gewöhnliches Thermometer ist an der Stelle, an der die Kugel in das Rohr übergeht, mit einer Einschnürung versehen (bei a), die das Lumen auf das äußerste reduziert. Das obere Ende des Rohres ist zu einer kleineren Kugel aufgeblasen. Nimmt der Apparat eine bestimmte Temperatur an, so erreicht das Quecksilber wie bei jedem gewöhnlichen Thermometer einen entsprechenden Stand. Kehrt man ihn um, dann reißt der Quecksilberfaden an der engen Stelle ab und fließt in das Gefäß am anderen Ende des Rohres hinunter. Je höher der

Stand des Thermometers war, um so größer ist die Menge, die nach dem Abreißen hinunterfließt, und diese Menge wird durch eine Skala bestimmt, die von dem oberen, mit der kleinen Auftreibung versehenen Ende ausgeht. Ein solches Thermometer erlaubt also keine direkte Temperaturablesung. Die Ablesung findet vielmehr erst nach dem Umkehren statt und wir können auf diese Weise die Temperatur fixieren, die im Moment des Umkehrens geherrscht hat. Es handelt sich also bei der Verwendung dieses Apparates in der Ozeanographie nur darum, das Thermometer in eine bestimmte Tiefe aufrecht hinabzulassen und dann seine Umkehrung zu bewirken. Das kann leicht dadurch geschehen, daß man den Apparat durch eine Sperrvorrichtung in aufrechter Haltung erhält und diese Sperrvorrichtung durch ein Fallot löst.

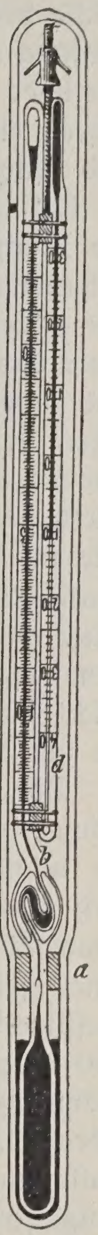


Fig. 4. Richtersches Umkehrthermometer. (Nach Richard, Ozeanographie.)

Ist durch Anwendung einer dieser beiden Methoden die Bestimmung der Temperatur erfolgt, so muß man noch eines ermitteln, ehe das Wasser in hydrographischer und biologischer Hinsicht genügend charakterisiert ist: seinen Salzgehalt. Ebenso verschieden wie die Temperatur des Meerwassers verschiedener Herkunft, ist seine chemische Zusammensetzung. Es ist ja eine bekannte Tatsache, daß es salzarme und salzreiche Meere gibt. Das Mittelmeer z. B. gehört zu den salzreichsten Regionen, die Ostsee zu den salzärmsten. Der Salzgehalt hängt eben davon ab, wieviel Süßwasser in der betreffenden Region dem Meere vom Lande her und aus der Atmosphäre zufließt und wieviel durch Verdunstung an die Luft verloren geht. Man muß also zunächst eine bestimmte Probe aus jeder Tiefe entnehmen können, um diese dann im Laboratorium zu untersuchen. Wie diese Proben entnommen werden, haben wir in einem Falle schon gesehen. Bei der Temperaturmessung mit Hilfe des Pettersson-Nansenschen Wasserschöpfers wurde ja eine Wasserprobe an die Oberfläche gebracht, die nach Ablesung der Temperatur in luftdicht schließende Flaschen gefüllt und beliebig lange aufgehoben werden kann. In dieser Art arbeiten Schöpfflaschen verschiedener

Konstruktion, die sich aber nicht prinzipiell voneinander unterscheiden. Man kann aber das Wasser auch in der Weise an die Oberfläche befördern, daß man die Entnahme mit einer Temperaturmessung nach dem Prinzip der Umkehrung verbindet. Nach dieser Methode arbeiten Instrumente, bei denen sich durch das Umkehren ein System von zwei Hähnen schließt, die sich am oberen und unteren Ende der Flasche befinden. Auf diese Weise wird es bedingt, daß während beim Hinablassen das Wasser durch die Schöpfflasche hindurchtritt, in ihr diejenige Wassermasse festgehalten wird, die sich im Moment des Umkehrens und des Schließens der Hähne darin befindet (vgl. Fig. 5). In ähnlicher Weise kann man das Wasser auch gewinnen, indem zwei Deckel, die oben und unten an einem Zylinder angebracht sind, beim Hinablassen offen stehen, sich beim Umkehren fest auf die Enden des Zylinders pressen und auf diese Weise eine Wasserprobe von der Stelle, an der die Umkehrung erfolgte, mit hinaufbringen. Bei solchen Apparaten verbindet man die Schöpfflasche mit einem Umkehrthermometer, läßt das Instrument in die gewünschte Tiefe hinab, deren Erreichung am Zählwerk der Kabeltrommel genau festzustellen ist und läßt das am Kabel durchbohrte Gewicht hinabgleiten, das auf die Sperrvorrichtung aufschlägt und sie zur Auslösung bringt.

Diese Vorrichtung des Fallotes hat den Vorteil, daß die Auslösung des Apparates genau an der Stelle erfolgt, an der man sie wünscht. Sie hat aber einen Nachteil, der darin besteht, daß man in bequemer Weise auf einmal nur ein einziges Instrument auslösen kann. Will man aber bei einer Untersuchung einer sehr tiefen Stelle des Ozeans gleichzeitig Temperaturmessungen in sehr verschiedenen Tiefen, etwa in Abständen von 100 oder einigen 100 Metern ausführen, so bedient man sich gewöhnlich einer anderen Auslösungsvorrichtung, nämlich der Flügelschraube. Die Sperrung der Umkehrvorrichtung wird in diesem Falle durch einen Stift bedingt, dessen Verlängerung die Achse einer Flügelschraube bildet und in seinem Lager einige Schraubengänge aufweist. Dadurch wird bewirkt, daß bei einer Drehung der Flügelschraube sich dieser Stift hebt oder senkt. Die Stellung wird so gewählt, daß bei dem Hinablassen des Instrumentes die Flügelschraube nach unten bewegt wird, so daß der Stift in die Sperrvorrichtung eingreift (vgl. Fig. 5A). Wird dagegen der Apparat gehoben, so bewegt sich die Flügelschraube in entgegen-

gesetzter Richtung, hebt den Stift etwas in die Höhe, so daß die Sperrvorrichtung gelöst wird. Will man mit dieser Vorrichtung arbeiten, so befestigt man beim Herablassen des Lotdrahtes in den gewünschten Abständen die betreffenden Instrumente, Thermo-

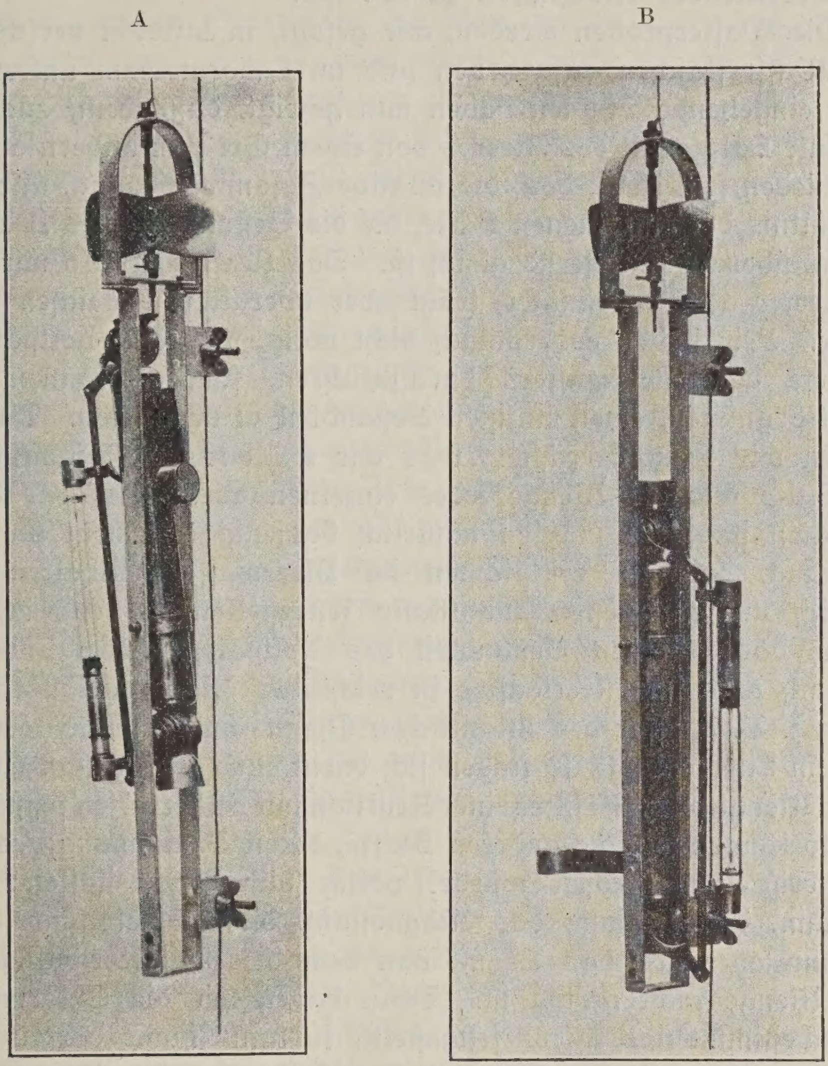


Fig. 5. Wasserschöpfer nach Richard mit Flügelschraube. A beim Herunterlassen. B beim Aufholen. An der Seite ist ein Richtersches Umkehrthermometer befestigt.

meter oder Wasserschöpfer, läßt die Apparate so weit hinab, bis jeder die ihm zugedachte Lage erreicht hat, und braucht dann nur langsam mit dem Einziehen des Kabels zu beginnen. Dann treten die Flügelschrauben an allen Apparaten in Tätigkeit, ziehen die Stifte aus den Sperrvorrichtungen und es erfolgt die Umkehrung

der Thermometer oder die Schließung der Wasserschöpfer. Diese Art von Arbeiten hat allerdings den Nachteil, daß der Ort des Schließens nicht genau bestimmbar ist, was aber keine Rolle spielt, wenn man es mit großen Tiefen, also mit Wasserschichten von bedeutender Mächtigkeit zu tun hat.

Die Wasserproben werden, wie gesagt, in luftdicht verschlossenen Wasserflaschen aufgehoben und im Laboratorium untersucht. Sehr eingehende Studien haben nun gezeigt, daß, wenn auch der absolute Salzgehalt des Meeres von einem Ort zum andern äußerst verschieden sein kann, doch die relative Zusammensetzung, also das Verhältnis der einzelnenen Salze, die die Bestandteile des Wassers bilden, überall annähernd gleich ist. Das Wasser ist also nur konzentrierter oder verdünnter, trägt aber überall den gleichen Charakter. Wir haben es demnach nicht nötig, stets eine vollständige Analyse des Meerwassers durchzuführen, sondern können uns damit begnügen, einen einzigen Bestandteil zu bestimmen. Daraus können wir dann berechnen, was wir wollen: die Gesamtmenge der Salze und die Menge jedes einzelnen Elementes, das darin enthalten ist. Wir wählen natürlich dasjenige Element zur Bestimmung, das am reichlichsten im Meerwasser enthalten und zugleich am genauesten quantitativ festzustellen ist: das ist das Chlor, das ja einen Bestandteil des Kochsalzes bildet und sich demnach auch im Meerwasser in reichlicher Menge gelöst findet. Wenn z. B. Wasser des Atlantischen Ozeans ungefähr 35 Gramm Salz im Liter enthält, so finden sich darin etwa 19 Gramm Chlor, dessen Menge wir mit Hilfe seiner Reaktion mit Silbersalzen feststellen. Und so können wir die anderen Stoffe, deren Bestimmung größere Schwierigkeiten machen würde, völlig außer acht lassen: das Natrium, das Kalium, das Magnesium, die Schwefelsäure, das Kalzium oder gar das Brom, von dem die im Meerwasser gelöste Menge recht gering ist. Denn haben wir die Chlormenge eines bestimmten Wassers festgestellt, so können wir daraus das Quantum der anderen Elemente mit Hilfe ein für allemal feststehender Tabellen berechnen. Abgesehen von den genannten Elementen finden sich übrigens noch viele andere im Meerwasser gelöst, aber in so geringen Mengen, daß sie für den Salzgehalt überhaupt nicht mehr in Frage kommen.

Ist nun mit diesen Bestimmungen alle nötige Vorarbeit zur Ermittelung des Charakters der betreffenden Wasserschicht getan, so beginnt für den Biologen die eigentliche Aufgabe, die Kon-

statierung der vorhandenen Tiere und Pflanzen, zu der er sich der mannigfaltigsten Methoden bedient, je nach der Tiefe, in denen er die Untersuchung vornimmt und der Natur der Organismen, die er fangen will.

Am einfachsten ist natürlich der Fang mittelgroßer Tiere der Oberfläche, die man, sei es vom Schiff aus, sei es von einem herabgelassenen Boote, mit einem, an einem langen Stiel befestigten Netze erhaschen kann. So erbeutet man Quallen, große Kruster, schwimmende Schnecken und vieles andere mehr. Es kommt uns aber nicht auf die großen Tiere allein an, sondern es spielen auch die kleinen Organismen, wie wir sehen werden, eine bedeutende Rolle im Meere, und um sie zu erlangen, bedarf man besonders eingerichteter Instrumente. Im allgemeinen bedient man sich dazu kleinerer oder größerer Netze von Seidengaze, die man dichter oder dünner wählt, je nach der Größe der Organismen, die man fangen will. Im allgemeinen verwendet man sogenannte Müllergaze verschiedener Nummern, d. h. den Stoff, der zur Trennung verschieden feiner Mehlsorten benützt zu werden pflegt. Da man die Organismen, die man zu fangen hat, nicht sieht, und da ihre Menge natürlich auch nicht allzu groß ist, besteht das Fangverfahren darin, daß man das Netz eine Zeitlang an der Oberfläche des Wassers hinzieht. Das kann vom Ruderboote aus geschehen, oder auch, wenn man sehr kleine Netze verwendet, vom Bord des fahrenden Schiffes, so daß man imstande ist, ohne die Fahrt zu unterbrechen, sich jederzeit über die an der Meeresoberfläche befindlichen Organismen zu orientieren. Der Boden des Netzes wird entweder durch ein kleines, abnehmbares Metalleimerchen gebildet, oder er ist einfach durch eine zugeknüpfte Schnur geschlossen und man kann den Inhalt, der sich am Netzboden ansammelt, nach dessen Öffnung in ein beliebiges Gefäß übertragen. Die oberflächlichste Untersuchung kann sogar schon an Bord ge-

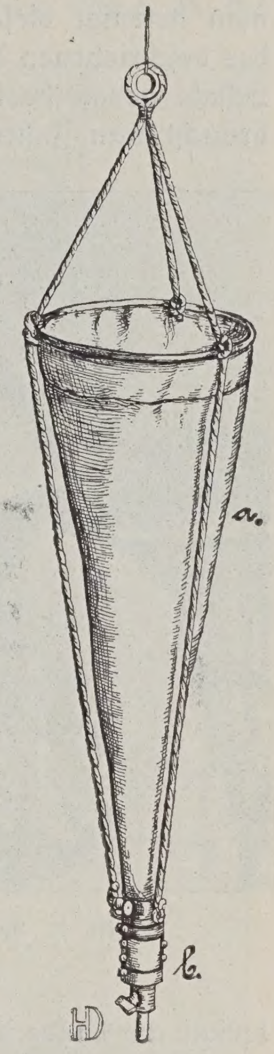


Fig. 6. Oberflächennetz. (Nach Rosen.)

schehen (Fig. 7). Man hat dazu Mikroskope, deren Okularteil horizontal steht, während das Objektiv nach oben gerichtet ist. Die Flüssigkeit mit den erbeuteten Tieren und Pflanzen, die das sogenannte „Plankton" bilden, wird in eine flache Schale gegossen, man befestigt diese an einem Stativ und kann unter Benutzung des beschriebenen Mikroskopes die Organismen auf dem Boden der Schale genau beobachten. Zu einem eingehenden Studium aber braucht man Instrumente und Methoden, die man erst im Labora-

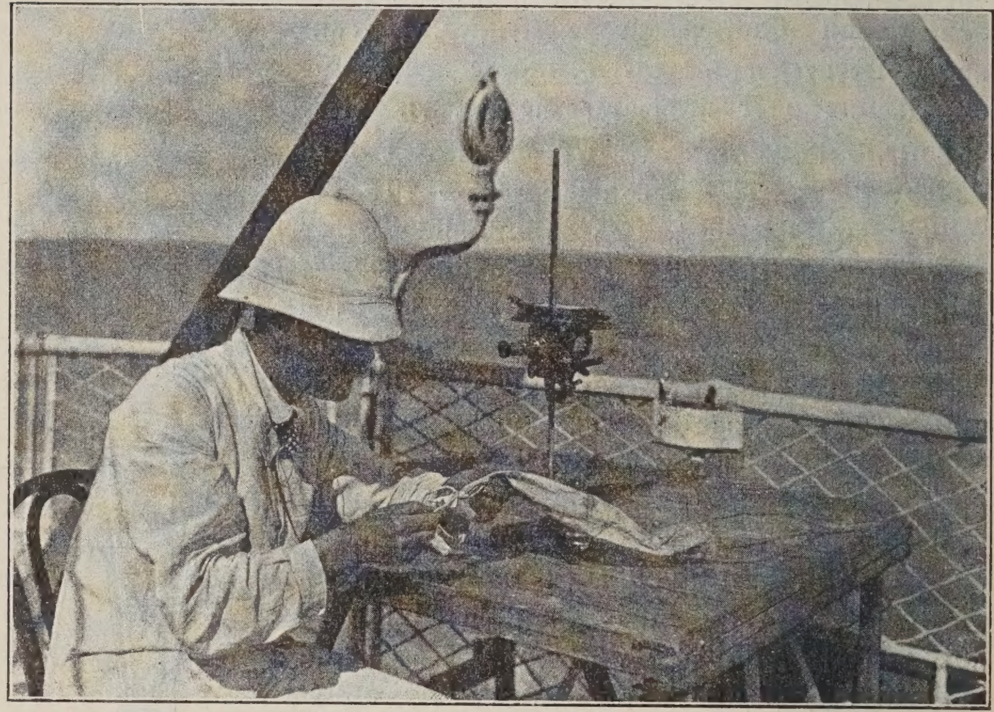


Fig. 7. Horizontalmikroskop zur Planktonuntersuchung an Bord. Nach Richard, Ozeanographie.

torium am Lande in Anwendung bringen kann, und zu diesem Zwecke wird der Fang konserviert. Das geschieht dadurch, daß man den Inhalt des Netzes in eine Flüssigkeit überspült, die geeignet ist, die Formen der Organismen möglichst getreu zu bewahren: Alkohol oder Pikrinsäure oder Sublimatlösung oder dergl. mehr.

Auf diese Weise ist es möglich, die Organismen der Oberfläche zu fangen. Wir haben aber gehört, daß nicht nur diese Schicht des Meeres bewohnt ist, sondern alle Tiefen, und man hat daher Methoden ausgearbeitet, die es ermöglichen, auch in den tiefer gelegenen Regionen biologische Beobachtungen anzustellen.

Wir betrachten nun zunächst die, die dazu dienen, die Tiere des Bodens zu erbeuten. Derartige Methoden waren schon früher von der Praxis ausgearbeitet worden, da auch der Fischerei wiederholt die gleiche Aufgabe zufällt. Plattfische, wie z. B. die Schollen, der Steinbutt und viele andere, die einen großen Anteil am Ertrag der Fischerei haben, leben am Grunde und müssen dort gefangen werden; ebenso manche festgewachsene Tiere, die, wie Schwämme und Korallen, eine unter Umständen sehr wertvolle Beute bilden. Zu dieser Grundfischerei hat man nun zwei Arten von Netzen, die auf dem Boden hingeführt werden: die Dredge und das Trawl,

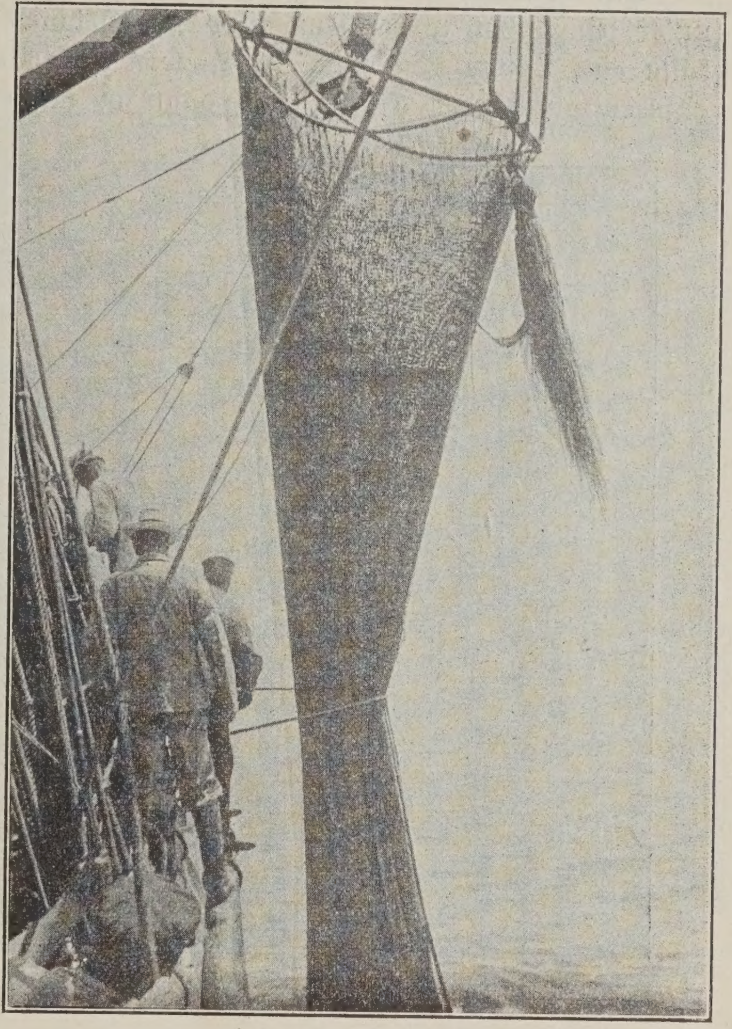


Fig. 8. Großes Trawl der Princesse Alice beim Aufholen. (Nach Richard.)

die sich dadurch unterscheiden, daß die erstgenannte mit einer eisernen Stange, die einen Teil des Netzrahmens bildet, die oberflächlichsten Schichten des Bodens abschürft und auf diese Weise mit hinaufbringt, was auf dem Boden festgewachsen ist, während das Trawl nur über den Boden hingleitet und die Tiere fängt, indem es sie aufscheucht, wobei sie in das auf dem

Boden entlanggeschleppte Netz hineingeraten. In der Praxis wie in der Wissenschaft gibt es eine große Anzahl von Formen dieser Schleppnetze, wobei auch Übergänge zwischen den hier genannten beiden Kategorien vorkommen.

Ein derartiges Schleppnetz für Tiefseeuntersuchungen kann unter Umständen große Dimensionen annehmen. Das Netz selbst kann eine Länge von etwa 20 Metern haben und eine Öffnung von entsprechender Größe, und dann ist natürlich das Arbeiten

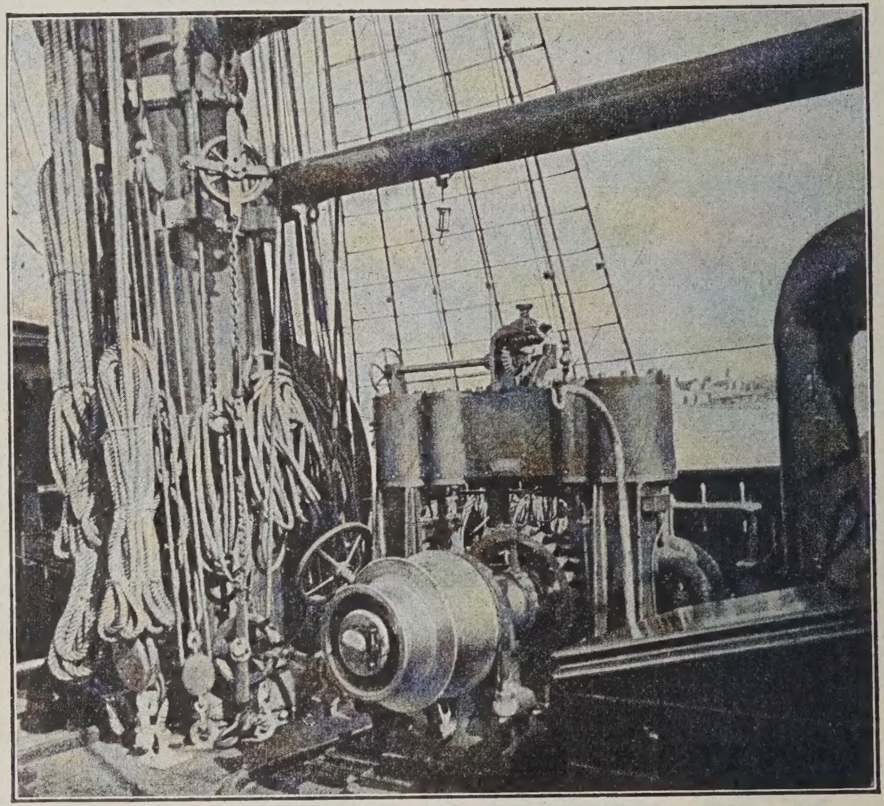


Fig. 9. Dampfwinde der Princesse Alice. (Nach Richard.)

mit einem solchen Apparat nicht eben leicht. Es muß seiner Handhabung zuerst die Lotung vorausgehen, durch welche festgestellt wird, wieviel Kabel man ausgeben muß, damit es gerade den Grund berührt. Dann pflegt man noch einmal ungefähr die halbe Länge abzuwickeln, so daß das Netz schräg hinter dem langsam dahinfahrenden Schiff auf dem Boden hingeschleppt wird. Diese Operation ist natürlich schwierig, weil das Netz, sobald es auf Hindernisse stößt, wie ein Anker wirkt und das Schiff festhält,

so daß man es manchmal nur nach stundenlangem Manövrieren klar machen kann; mitunter kommt es vor, daß trotz großer Anstrengung, namentlich beim Einsetzen schlechten Wetters, das Netz durch Abschneiden des Kabels geopfert werden muß. Ist es aber gelungen, ohne Fährlichkeit das Netz eine Strecke weit auf dem Boden hinzuziehen, so wird es durch die Tätigkeit der Winde an die Oberfläche gehoben. Dabei muß das Zählwerk, das jeder-

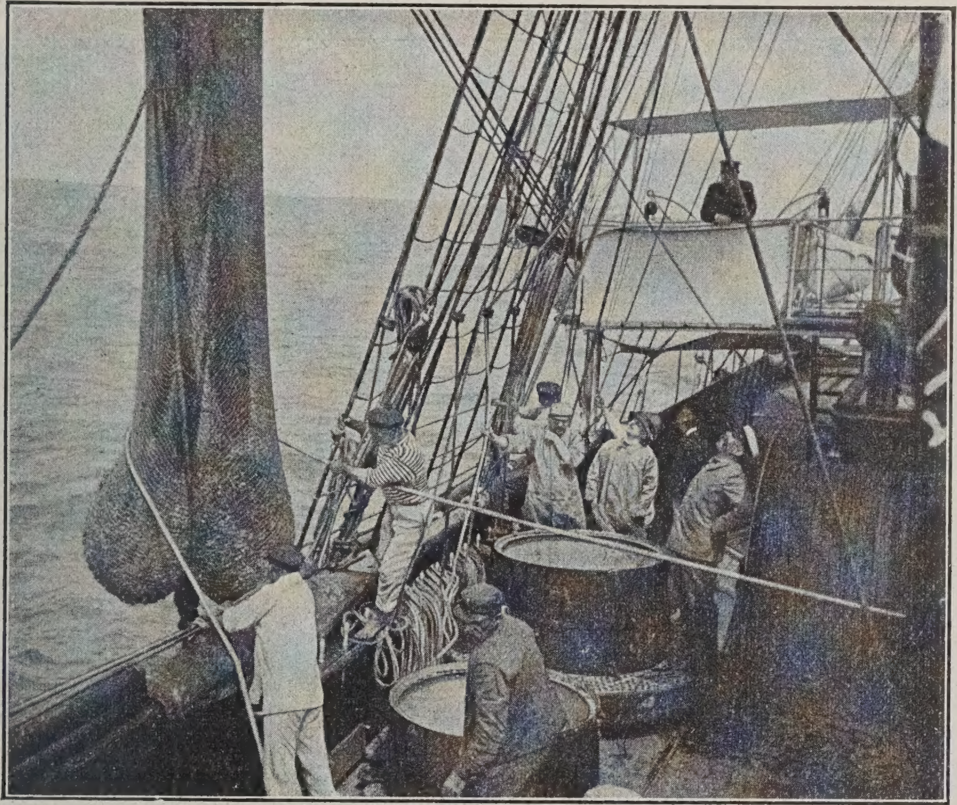


Fig. 10. Boden des Schleppnetzes nach erfolgreichem Zug. An Bord sind die Siebe zum Reinigen des Materials, sowie die große Kabeltrommel sichtbar. (Nach Richard.)

zeit die Länge des ausgegebenen Kabels angibt und beim Aufwinden ebensogut tätig ist wie beim Hinablassen, genau beobachtet werden. Nähert sich das Netz der Oberfläche, so wird der Gang der Maschine verlangsamt, um genau in dem Augenblicke angehalten zu werden, in welchem es über der Wasseroberfläche in der Höhe des Schiffsrumpfes schwebt. Der Erfolg dieser viele Stunden in Anspruch nehmenden Arbeit ist ein sehr verschiedener. Er hängt nicht nur von dem größeren oder geringeren Tierreich-

tum des betreffenden Meeresgebietes ab, sondern auch sehr viel davon, ob der Grund zum Dredgen günstig war oder nicht. Ist der Zug erfolgreich gewesen, so wird der Inhalt des hinaufgezogenen Netzes auf Deck ausgeschüttet und die Tiere ausgelesen; war der Grund schlammig, so sind diese Tiere im Schlamm eingebettet und müssen erst durch Anwendung großer Siebe oder durch Spülen mit Wasser gereinigt werden. Das Sammeln muß nun im Augenblick geschehen. Es gibt Tiere, die sofort konserviert

Fig. 11. Das Material wird auf Deck ausgeschüttet. (Nach Richard.)

werden müssen, wenn sie in einem für wissenschaftliche Zwecke brauchbaren Zustande erhalten bleiben sollen; es gibt wieder andere, bei denen man z. B. Farben oder die Eigenschaften der Leuchtorgane im lebenden Zustande beobachten muß, um zu einem befriedigenden Ergebnis zu gelangen; und so ist denn unmittelbar nach dem Dredgzug jeder wissenschaftliche Teilnehmer der Expedition in vollstem Maße beschäftigt. Das Material wird in Gläser und Kübel verteilt und wandert in das Laboratorium, mit welchem

jedes Expeditionsschiff ausgerüstet sein muß. Hier pflegen die Arbeitstische mit einer halben cardanischen Aufhängung versehen zu sein, d. h. sie sind um zwei Achsen drehbar, so daß man auch bei lebhafter Bewegung des Schiffes mikroskopische und andere Arbeiten gut ausführen kann.

Ein anderes Mittel zur Erforschung der Bodenfauna ist die Reuse, ein Instrument, das ja ebenfalls aus der Praxis her bekannt ist und darauf beruht, daß die Fische veranlaßt werden, in

Fig. 12. Laboratorium der Princesse Alice. (Nach Richard.)

einen Kasten oder Korb hineinzuschlüpfen, dessen Öffnungen aber durch nach Innen gerichtete Dornen ein Hinauskriechen unmöglich machen. Derartige Reusen sind vom Fürsten von Monako für Tiefseestudien benutzt worden; sie werden auf den Grund des Meeres hinabgelassen, manchmal bis zu mehreren 1000 Metern Tiefe; das obere Ende des Kabels, an dem sie befestigt waren, wird mit einer schwimmenden Boje versehen und vom Schiff getrennt. Während nun ein Dredgzug dadurch ausgeführt wird, daß man das Schleppnetz eine halbe oder eine ganze Stunde

auf dem Boden hinzieht, muß man die Reuse lange Zeit, oft tagelang, am Meeresgrunde lassen, denn hier sollen sich ja die Tiere selbst, durch den Köder angelockt, in der Falle ansammeln. So kann das Schiff in der Zwischenzeit nichts tun, als in der Umgebung der Boje zu kreuzen. Der Erfolg ist dafür aber auch oft ein ganz außerordentlicher: man fängt nicht nur viel mehr Tiere

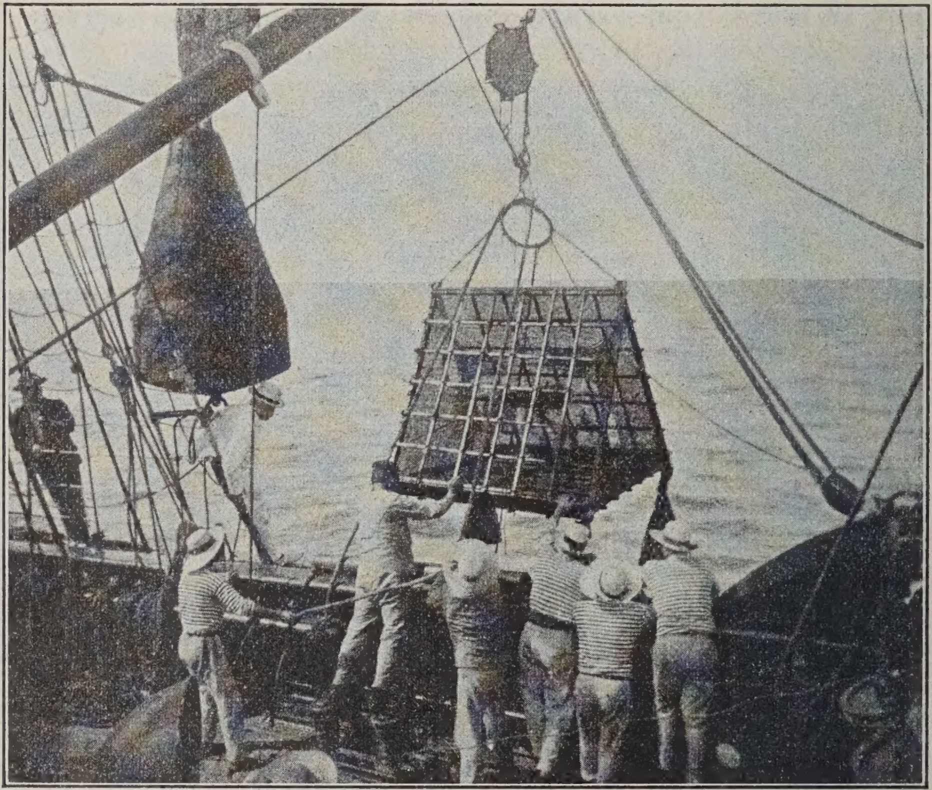


Fig. 15. Aufholen der Reuse. Links ist die zur Verankerung dienende Boje sichtbar. (Nach Richard.)

als mit dem Grundnetz, sondern auch Formen ganz anderer Art. Flinke Schwimmer, die die Gefahr des Netzes erkennen und herauszuschlüpfen vermögen, kriechen oft in die Reuse hinein und sind dort gefangen, ohne daß ihr Schwimmvermögen ihnen zu helfen vermöchte, und so hat man namentlich von Krustern große Mengen, die zu neuen, unbekannten Arten gehören, auf diese Weise gefunden. Doch liegt es in der Natur der Sache, daß man wegen des großen Zeitaufwandes diese Methode nur selten in Anwendung bringen kann und daß sie sich namentlich

für Expeditionen verbietet, die in kurzer Zeit ein großes Pensum zu erledigen haben.

Das sind die Apparate, mit denen die Bodentiere gefangen werden. Wir haben aber in der Einleitung gehört, daß auch die zwischen Oberfläche und Boden befindlichen Wasserschichten reich an Tieren sind, zu deren Fang besondere Instrumente gebraucht werden; hier werden wir namentlich die Schwierigkeit der Bestimmung jener Schicht kennen lernen, in welcher die Tiere leben. Am häufigsten verwendet man für die Organismen der mittleren Schichten das Vertikalnetz: ein Seidengazennetz von konischer Form, das unten mit einem Gewicht beschwert, senkrecht in das Wasser hinabgelassen wird. Beim Hinaufziehen filtriert das Wasser durch das Netz, in welchem die in ihm enthaltenen Organismen zurückbleiben. Natürlich richtet sich genau wie bei den Oberflächennetzen die Maschenweite nach den Tieren, die man zu fangen beabsichtigt. Man darf sich aber nicht vorstellen, daß man mit einem solchen Netz Tiere fangen kann, deren Größe auch nur annähernd den Durchmesser des Netzes erreicht, denn je größer das Tier ist, um so größer ist die absolute Geschwindigkeit seiner Schwimmbewegung, um so leichter kann es die Gefahr des Gefangenwerdens erkennen und ihr entgehen. Und so gewinnt man Tiere von mittlerer Größe erst durch Anwendung sehr großer Netze. Auf der Princesse Alice wurden gelegentlich Netze aus Sackleinewand von 5 Meter Seite, also 25 Quadratmeter Durchmesser, benutzt, die oft recht schöne Resultate ergaben. Freilich ist ihre Handhabung bei dem Widerstand, den die große Netzfläche beim Aufziehen bietet, nicht gerade leicht.

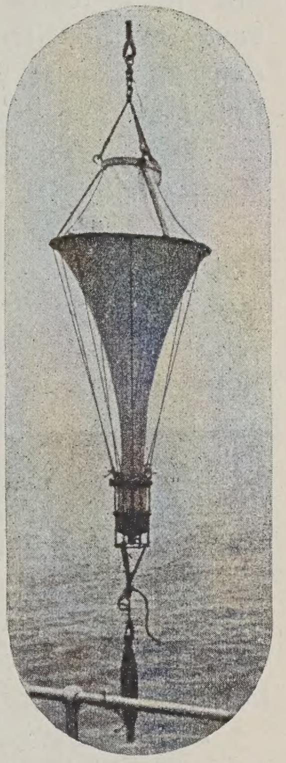


Fig. 14. Vertikalnetz. (Nach Chun.)

Mit derartigen Vertikalnetzen hatte schon die Challengerexpedition gearbeitet und man war schon damals zu dem Ergebnis gelangt, daß alle Schichten des Meeres von Tieren bewohnt seien. Wurden nämlich an ein und derselben Stelle

zwei Vertikalzüge ausgeführt, der eine von etwa 200 Meter Tiefe bis an die Oberfläche, der andere von 2000 Meter bis an die Oberfläche, so wiesen diese Fänge bedeutende Verschiedenheiten auf. Der zweite war nicht nur reicher an Zahl der gefangenen Tiere, sondern es fanden sich in ihm auch Formen, die in dem ersten überhaupt nicht enthalten waren, woraus denn zu schließen war, daß in den tieferen Schichten besondere Organismen leben. Freilich wurde diese Beweisführung nicht allseitig anerkannt, und so ist denn die Bewohnbarkeit aller Meeresschichten erst durch die Arbeiten mit dem sogenannten Schließnetz nachgewiesen worden, das zuerst hauptsächlich von Chun benutzt wurde, der schließlich auf der Valdivia-Expedition für alle Meere und alle Tiefen die Tatsache feststellte, daß es überhaupt keine unbewohnte Wasserschicht im Meere gibt.

Diese Schließnetze werden meistens in Form von Vertikalnetzen benützt, die so arbeiten, daß man sie senkrecht hinabläßt, was ganz gut im offenen Zustande geschehen kann; denn beim Hinablassen des Netzes kann nichts in dasselbe hineingelangen. Nach Erreichung einer bestimmten Tiefe, sagen wir von 1000 Metern, beginnt man das Netz langsam in die Höhe zu ziehen, etwa bis zu 500 Metern. Dann wird durch eine mechanische Vorrichtung das Netz geschlossen und so an die Oberfläche gezogen. In dem Netz sind nur diejenigen Tiere enthalten, die zwischen 1000 und 500 Meter Tiefe leben. Führt man nun auf diese Weise an einer Stelle sogenannte Stufenfänge aus, so kann man für jeden vertikalen Abschnitt die Existenz verschiedener Organismen konstatieren.

Die mechanischen Prinzipien, nach denen das Öffnen und Schließen dieser Netze erfolgt, sind ganz verschieden und es sind sehr viele Versuche gemacht worden, das Problem zu lösen. Das älteste, von Petersen konstruierte, von Chun verbesserte Schließnetz besitzt einen, aus zwei Teilen bestehenden eisernen Rahmen, der durch die Tätigkeit von Falloten oder Flügelschrauben in bestimmter Tiefe geöffnet und geschlossen werden kann; die Einzelheiten der Konstruktion wollen wir aber nicht besprechen. Sehr bequem ist für vertikale Serien das neuerdings viel benutzte Nansensche Schließnetz, dessen Wirkung darauf beruht, daß es zwei Aufhängungen besitzt; der Ring, der das Netz oben offen hält, ist an drei Tauenden befestigt, außerdem aber geht um den Körper des Netzes eine Tauschlinge herum,

dessen Ende für sich am Kabel festgeknüpft ist. Das Netz, das unten mit einem Gewichte beschwert ist, wird offen hinabgelassen und dann in der beschriebenen Weise wieder ein Stück hinaufgezogen. Will man das Netz schließen, so geschieht dies dadurch,

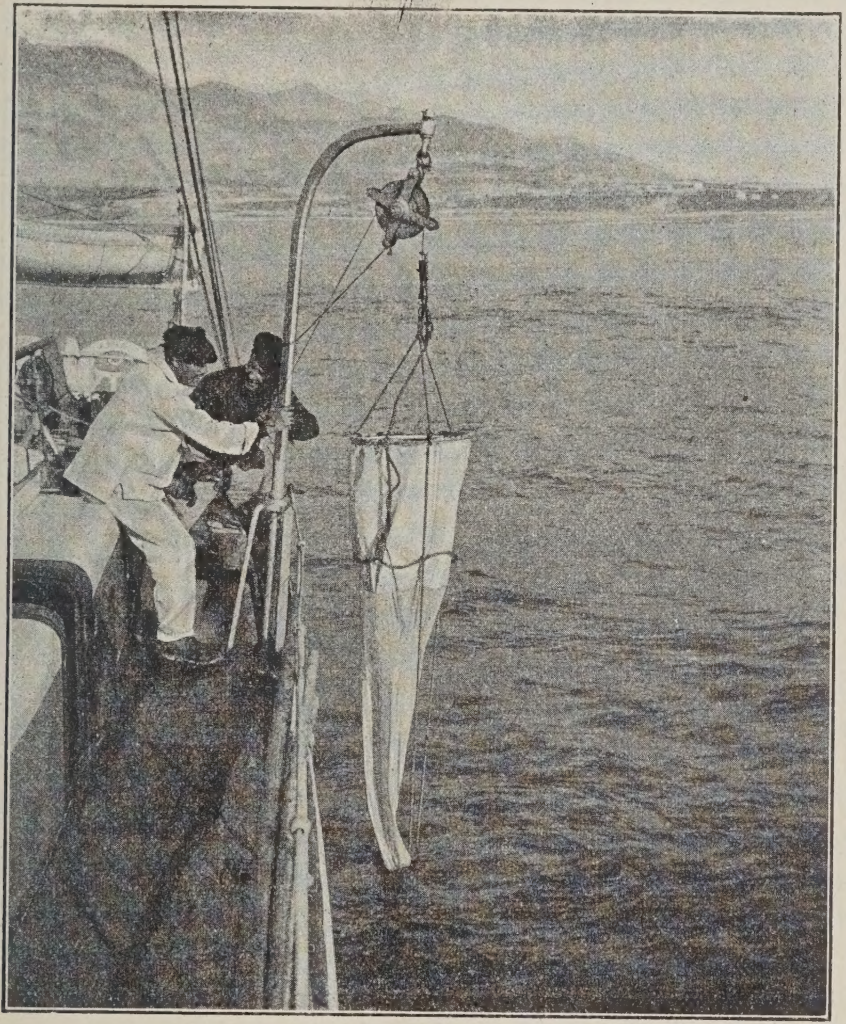


Fig. 15a. Nansensches Schließnetz, offen beim Hinunterlassen.

daß man die erstgenannte Aufhängung löst. Diese ist nämlich an einem drehbaren, durch Sperrvorrichtung festgehaltenen Haken befestigt, den man durch ein Fallot in Drehung versetzen kann. Dann fällt der Ring, an den die drei Tauenden geknüpft sind, heraus, und das Netz hängt nur noch an der zweiten Aufhängung, die als Schlinge um seinen Körper herumgezogen ist.

Es wird dadurch zusammengeschnürt und kann also jetzt beim weiteren Aufziehen keine Tiere mehr fangen.

Mit dieser vertikalen Schließnetzmethode erhalten wir die Fauna bestimmter Stufen. Man hat aber auch versucht,

Fig. 15b. Nansensches Schließnetz, geschlossen beim Aufholen.

horizontale Schließnetzzüge in einer bestimmten Tiefe auszuführen. Dazu hat man Netze konstruiert, die man in bestimmte Tiefen geschlossen hinabläßt, öffnet und so eine Weile hinter dem fahrenden Schiffe herzieht. Dann werden die Verschlüsse, die etwa nach der Art von Rolladenverschlüssen konstruiert sind, zugemacht und das Netz hinaufgezogen. Die Schwierigkeit dieser

Methode beruht, abgesehen von dem nicht in allen Fällen ganz sicher arbeitenden Verschluß, darin, daß es kaum möglich ist, die Tiefe, in welcher das horizontal gezogene Netz sich befindet, auch nur annähernd genau zu bestimmen. Sie hängt nämlich, abgesehen von Strömungen, die die Bewegung des Netzes außerordentlich stark beeinflussen, und in verschiedener Tiefe sehr verschieden sein können, auch von dem Widerstand ab, den das Netz der Filtration entgegensetzt. Die große Öffnung wirkt natürlich in der Art eines Drachens, der mit größerer Geschwindigkeit des Schiffes und mit größerem Widerstand des Netzes in die Höhe steigt. Und da nun der Filtrationswiderstand sich während des Fanges verändert, so kommt damit ein überhaupt nicht mehr zu berechnendes Moment hinein, das eine völlig exakte Anwendung des Instrumentes so gut wie ganz ausschließt.

Wir haben nunmehr die Apparate kennen gelernt, die man im allgemeinen verwendet, um die Tiere der Oberfläche des Bodens und der dazwischenliegenden Schichten zu fangen und haben nur noch einige andere zu erwähnen, die man gelegentlich für besondere Zwecke benützt. So haben wir z. B. gehört, daß man die Maschenweite des Netzes danach einrichtet, wie groß die zu erbeutenden Tiere sind. Für die kleinsten nimmt man die feinsten Müllergazenetze. Bei genauer Untersuchung hat sich aber gezeigt, daß auch diese nicht imstande sind, alles zurückzuhalten, was im Meere lebt. Von vielen Organismen geht ein Teil der Individuen durch diese Netzmaschen hindurch, und die allerkleinsten Pflanzen und Tiere werden von ihnen überhaupt nicht mehr festgehalten. Wenn es nun darauf ankommt, gerade diese kleinsten Geschöpfe zu studieren oder von den etwas größeren die gesamte im Wasser vorhandene Menge zu bestimmen, dann müssen andere Methoden Platz greifen und solche sind speziell von Lohmann ausgearbeitet worden. Um alles das zu erbeuten, was auch durch das Netz hindurchgeht, bediente er sich zweier verschiedener Verfahren. Entweder er pumpte mit Hilfe eines langen, bis zu 200 Metern messenden Schlauches Meerwasser aus der Tiefe herauf und filtrierte dieses dann durch gehärtetes Papier, oder aber er entnahm mit Hilfe großer Schöpfflaschen Proben aus verschiedener Tiefe, die er mit der Zentrifuge behandelte. Besonders bei dieser letzten Methode gelang es, eine Anzahl von Organismen zu finden, die bis dahin den Blicken der Forscher entgangen waren; und so müssen für eine vollständige

Untersuchung der Organismen des Wassers diese Methoden die im übrigen natürlichen unentbehrlichen Netzfänge ergänzen.

Ebenso wie die allerkleinsten Lebewesen unter Umständen von Interesse für die Biologie sind, ebenso können es auch die allergrößten sein, wie z. B. Wale, also Säugetiere von großen Dimensionen, die sich an das Leben im Wasser angepaßt haben. Abgesehen davon, daß natürlich ihre Verbreitung und Lebensweise ebensogut ein Gegenstand der biologischen Forschung ist wie die jedes anderen Tieres, ist es weiterhin auch möglich gewesen, diese Tiere als Mittel zum Zweck der Erbeutung anderer seltener Formen zu gewinnen. Dazu haben interessante Beobachtungen gedient, die vom Fürsten von Monaco gelegentlich gemacht wurden. Als dieser einmal mit seinem Schiff in der Azorenregion kreuzte, beobachtete er, wie ein von einem Walfischjäger angeschossener Wal sich im Todeskampfe wand und dabei den Inhalt seines Magens auswarf. Dabei fanden sich nun die Überreste von bis dahin ganz unbekannten Tieren, und als diese Methode weiterhin ausgebildet und mehrfach angewandt wurde, gelang es, mit ihrer Hilfe eine Anzahl von interessanten Formen zu finden, die bis dahin mit keiner einzigen Fangmethode erbeutet worden waren, unter anderem gute Überreste von einem mit äußerem Skelett versehenen Tintenfisch. Das ist ja ganz begreiflich. Wir haben gesehen, ein wie mangelhaftes Instru-

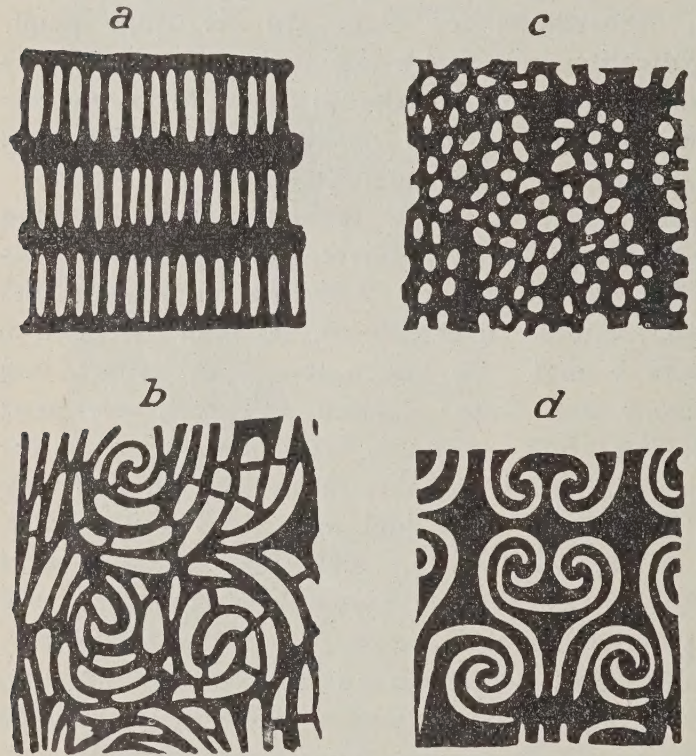


Fig. 16. Reusen von Mandeltieren.

ment unsere Netze gegenüber flinken, leicht beweglichen und mit guten Sinnesorganen ausgerüsteten Tiere sind. Es gehört Glück dazu, diese so zu erhaschen, daß sie der ihnen drohenden Gefahr nicht entrinnen können. Der Wal dagegen, der das Tier sieht und mit seiner eigenen Bewegung verfolgt, vermag viel leichter seiner habhaft zu werden, und so kann er uns dazu verhelfen, Tiere kennen zu lernen, die wir sonst niemals fangen würden.

Und in ähnlicher Weise, wie man hier große Tiere dazu benützt, um ihrer Jagdbeute habhaft zu werden, kann dies auch mit kleinen geschehen. Gewisse Formen, zu den sogenannten Manteltieren gehörig, besitzen Reusenapparate, durch welche sie ständig Wasser hindurchfiltrieren und in welchen die Tiere hängen bleiben. Untersucht man derartige Reusen, so kann man sich auch ohne Netzzug ein Bild von der Zusammensetzung des Planktons machen und ist imstande, auch diese Methode zur gelegentlichen Ergänzung zu verwenden.

So haben wir gesehen, daß die Meeresbiologie entsprechend ihrer komplizierten Aufgabe über eine große Menge von Methoden zur Lösung ihrer Teilprobleme verfügt. Was mit diesen Methoden erreicht worden ist, werden wir nunmehr im folgenden erfahren.

III. Kapitel.

Über den Bau und die Anpassungen der Meerespflanzen.

Wir haben in den ersten beiden Kapiteln einen Blick auf die historische und die methodische Seite der Meeresbiologie geworfen und können jetzt mit einer systematischen Darstellung ihrer Ergebnisse beginnen. Wir fangen dabei ganz naturgemäß mit den Pflanzen an, denn wir haben ja gehört, daß ebenso wie auf dem Lande auch im Meere das gesamte organische Leben von der Existenz der Pflanzen abhängt. Direkt oder indirekt ernähren sich alle Tiere von Pflanzensubstanz; sie vermögen ja nicht die Kraft der Sonnenstrahlung, die, wie wir gesehen haben, für die Or-

ganismen der Erde die einzige Quelle verwertbarer Energie darstellt, auszunutzen, und sind infolgedessen auf diejenigen Organismen angewiesen, die diese Fähigkeit haben.

Diese fundamentale Eigenschaft der Pflanzen bedingt, wie schon angedeutet wurde, einen eigentümlichen Charakter der Pflanzenverteilung in der See. Nur da, wo das Licht in genügender Stärke hingelangt, und die sogenannte Assimilation, d. h. die Zerlegung der Kohlensäure auf Kosten der in den Lichtstrahlen enthaltenen Energie, zu unterhalten —, nur da können Pflanzen organische Substanz produzieren, und so sind sie denn im Meere auf einen verhältnismäßig kleinen Bezirk angewiesen. Der größte Teil des Meeresbodens ist frei von Pflanzen (wenn wir von den Bakterien absehen, die zwar auch zum Pflanzenreich gehören, aber in ihrer Ernährung ebenso abhängig von organischer Substanz sind wie die Tiere), weil er in einer zu großen Tiefe liegt, als daß das Licht zu ihm in genügender Stärke hingelangen könnte. Wir wissen ja, daß der Meeresboden vom Lande nach der offenen See zu abfällt; an manchen Küsten ist dieser Abfall sehr gelinde, wie z. B. an der Nordsee, an manchen anderen aber ist er steil, wie im Mittelländischen Meere, wo wir schon in ganz geringer Entfernung vom Lande eine Tiefe von mehreren 100 Metern finden. Während an einer flachen Küste eine Besiedelung noch in einer beträchtlicheren Entfernung möglich ist, muß sich an steilen Küsten das Pflanzenleben mit einer sehr schmalen Zone begnügen. Sobald die Tiefe von 100 Metern erreicht ist, werden die Pflanzen immer seltener, und es finden sich nur noch bestimmte Formen, die an die Existenz im Schatten gewöhnt sind und sind 150 Meter überschritten, so hört schließlich das Pflanzenleben ganz auf und der unendliche Raum, der den Boden des Weltmeeres bildet, ist völlig frei von Vegetation.

Aber freilich ist diese im Verhältnis zur Flächenausdehnung des Ozeans unter allen Umständen geringer Zone nur ein Teil des Wohngebiets, das den Pflanzen zur Verfügung steht. Viel bedeutender an Umfang ist ein anderes, in welchem gleichfalls die Bedingungen zur Vegetation gegeben sind, nämlich die freie Wassermasse des offenen Ozeans bis zu derjenigen Tiefe, in welche das Licht in genügender Stärke gelangt.

So sehen wir denn, daß wir von vornherein die Pflanzen des Meeres in zwei Gruppen zu teilen haben: in solche, die den Meeresboden besiedeln, und in solche, die in den oberflächlichen

Wasserschichten eine schwebende Flora bilden. Diese beiden Gruppen wollen wir nun getrennt voneinander in bezug auf ihren Bau und die Eigentümlichkeiten ihrer Anpassung studieren.

Weitaus die Mehrzahl der Meerespflanzen gehört zu einer niederen Organismengruppe, den sogenannten Algen, einer Gruppe von Lebewesen, der man erst im verflossenen Jahrhundert größere Aufmerksamkeit zu schenken begonnen hat, die man aber dann mit um so größerem Eifer studierte. Haben wir doch in diesen niederen Organismen nach der Auffassung der Deszendenzlehre den Ursprung aller höher entwickelten Formen vor uns, so daß wir aus der Kenntnis ihrer Organisation das Verständnis für die Entwicklung und Entstehung der hoch entwickelten Pflanzenformen zu schöpfen haben. Wenn wir diese niederen Organismen betrachten, so lernen wir eine geradezu überwältigende Formenfülle kennen. Es ist gleichsam, als habe die Natur hier ihren schöpferischen Trieb frei walten lassen, und zwar fast noch in reicherer und vielseitigerer Weise, als bei den höher und in vieler Hinsicht bedeutend komplizierter gebauten Pflanzen des Festlandes. So groß auch die Mannigfaltigkeit der höheren Pflanzen des Landes ist, so können wir doch immer für ihren Aufbau bestimmte Gesetzmäßigkeiten erkennen, während hier, bei den niederen, sich die Mannigfaltigkeit nach allen Richtungen bewegt. Ich will im folgenden nicht diese Verschiedenartigkeit der Gestalten bis in alle Einzelheiten beschreiben, sondern mich damit begnügen, eine Reihe verschieden hoch organisierten Typen vorzuführen, um an ihnen die Anpassung an ihre Lebensweise zu erläutern.

Wir beginnen mit der Besprechung der den Meeresboden besiedelnden Pflanzen. Diese, die an einen bestimmten Grund gekettet sind, sind meistens an diesen festgewachsen, und das bedingt zunächst die Ausbildung eines Organes, das dieses Festhalten auf der Unterlage bewirkt. Das ist freilich die einzige Differenzierung des Organismus, die unbedingt notwendig ist. Im übrigen kann er so einfach gebaut sein, wie nur irgend möglich, wie aus der Figur 17 zu ersehen ist. Hier ist in einiger Vergrößerung eine ganz niedere Meeresalge namens Ektokarpus, die aus ganz feinen Fäden gebildet ist, dargestellt. Die Fäden bestehen aus nichts anderem, als aus reihenweise angeordneten Zellen. Hier sind also diese elementarsten Bausteine jedes lebendigen Organismus nur in einer Richtung

des Raumes angeordnet. Wir sehen, daß da, wo die Pflanze in dem Boden verankert ist, sich Zellgruppen finden, die etwas kürzer und kräftiger aussehen und kleine Verzweigungen tragen; das sind die wurzelartigen Organe, die das Festhaften auf der Unterlage bedingen. Es fällt auf, wie gering ihre Ausbildung im Verhältnis zu der der Pflanze ist, gar nicht wie die der Wurzeln eines auf dem festen Lande wachsenden Gewächses, die unter allen Umständen eine mächtige Entwicklung im Vergleich zu der des Pflanzenkörpers aufweisen. Wir dürfen aber nicht vergessen, daß bei den Meeresalgen ihre Funktion eine beschränktere ist, indem sie nichts mit der Nahrungs- und Wasseraufnahme zu tun haben wie bei den Landpflanzen, sondern sich bloß auf die Rolle eines Haftorgans beschränken. Die Nahrungsaufnahme findet hier mit Hilfe des ganzen Körpers statt, der ja von dem Medium, aus dem er die Nahrung schöpft, dem Meerwasser, allseitig umgeben ist. In der Figur sind ferner die auf kleinen Stielchen sitzenden dunklen Kapseln zu erkennen, die die Fortpflanzungsorgane der Alge darstellen. Aus ihnen schlüpfen kleine, mit Hilfe feiner Geißeln im Wasser frei umherschwimmende Zellen aus, die sich festsetzen und einer neuen Ektokarpuspflanze den Ursprung geben.

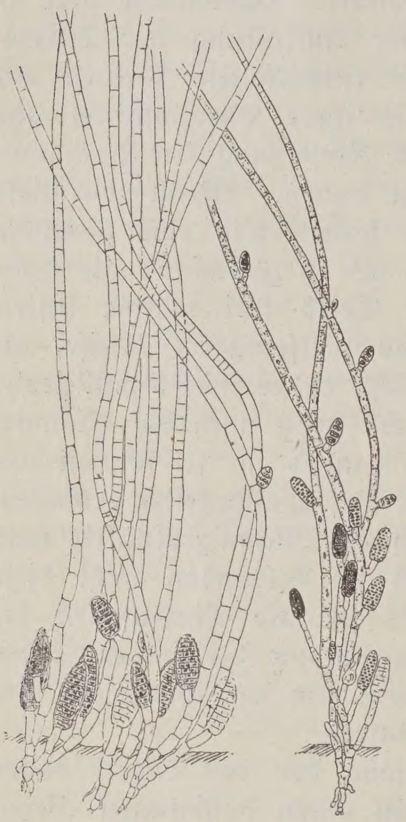


Fig. 17. Ektokarpus. (Nach Oltmanns.)

Das ist die einfachste Gestalt, die eine am Boden wurzelnde Pflanze annehmen kann. Eine etwas höhere Organisationsstufe wird dadurch erreicht, daß die Zellfäden, aus denen sich die Pflanze aufbaut, nicht einzeln oder in unregelmäßiger Verzweigung in ihr Medium hineinwachsen, sondern daß sie in gesetzmäßiger Weise verästelt sind. Von solchen Formen gibt es eine große Anzahl, die sowohl durch die Form der Zellen, wie durch die Gesetzmäßigkeit, nach denen die die Seitenzweige dar-

stellenden Zellfäden angeordnet sind, voneinander unterschieden sind und oft überaus zierliches Aussehen haben. Da finden wir solche z. B., bei denen alle Verzweigungen nur in einer Ebene liegen (Fig. 18), solche, bei denen sie in zwei senkrecht aufeinanderstehenden Ebenen angeordnet sind und solche, bei denen sie sich nach allen Richtungen des Raumes erstrecken. Da finden wir Formen, bei denen sie kurz sind und solche, bei denen sie lang sind und sich selbst wieder verästeln; Formen, bei denen sie einzeln stehen und Formen, bei denen sie Büschel bilden, kurz und gut, es besteht hier eine fast unübersehbare Mannigfaltigkeit.

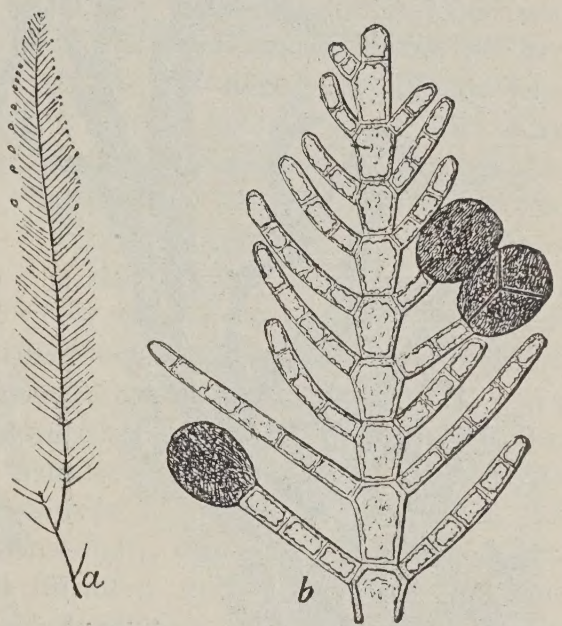


Fig. 18. Callithamnion (Nach Möbius.)

Eine höhere Organisation wird aber von diesen Algen erst erreicht, wenn sie sich nicht mehr aus Zellfäden, sondern aus Zellkörpern aufbauen. Der Übergang vom Zellfaden zum Zellkörper ist nicht schwer zu verstehen. Jede Zelle vermehrt sich ja durch Teilung, und so kommt ein Zellfaden dadurch zustande, daß sich eine Zelle nach einer Richtung des Raumes streckt und durch eine Scheidewand in zwei Teile teilt; daß dann die Streckung immer in derselben Richtung weitergeht und die Scheidewände wiederum alle parallel zu der zuerst angelegten stehen. Findet aber das Wachstum der ursprünglichen Zelle nicht mehr nach einer Richtung des Raumes, sondern nach allen dreien statt, erfolgen die Teilungen nicht parallel zueinander, sondern so, daß sich die Scheidewände schneiden, dann wird aus der einzelnen Zelle kein Zellfaden, sondern ein Zellkörper. Ein solcher Körper kann sich nun in viel höherem Grade ausbilden, als ein Zellfaden, denn die Zellen, aus denen er besteht, haben nicht mehr die gleiche Lage im Verhältnis zur Umgebung, sie eignen sich deshalb zu verschiedenen Funktionen und werden darum auch in verschiedener Weise ausgebildet. So werden z. B. die an

der Oberfläche liegenden Zellen speziell mit der Aufnahme von Nährstoffen aus der Umgebung betraut, während den inneren die Leitung innerhalb des Körpers obliegt; dementsprechend finden wir, daß die äußeren klein sind und reich an den Organen, die, wie wir noch hören werden, die Nahrungsverwertung besorgen, den Farbstoffkörpern, während die inneren mehr langgestreckt sind und dadurch sich in erhöhtem Maße zur Fortleitung von gelösten Stoffen eignen.

Fig. 19. Fucus.
(Nach Schmeil, Botanik.)

Auf Fig. 19 ist z. B. eine solche höher organisierte Meeresalge dargestellt: der gewöhnliche Blasentang, der ja jedem, der die Nordseeküste besucht hat, bekannt ist. Seinen Namen verdankt die Pflanze den blasenartigen Auftreibungen (S), jenen eigenartigen Bildungen, die für ihr Leben eine große Bedeutung haben. Diese Blasen sind nämlich mit Luft erfüllt und so wird der obere Teil der Pflanze, an welchem sie sich hauptsächlich finden, besonders leicht. Daher kommt es, daß die Pflanze in dem Boden wurzelt und mit ihrer Spitze, die vom Wasser in die Höhe gehoben wird, nach oben gerichtet ist. Das ist natürlich ein großer Vorteil, weil auf diese Weise vermieden wird, daß sich die Pflanzen am Boden auflegen und einander überwachsen. An der Spitze finden sich die Organe, deren Aufgabe die Vermittelung der Fortpflanzung ist (V).

In den Objekten der folgenden Abbildungen lernen wir Pflanzen kennen, an denen sich schon leichte Anklänge an den

Fig. 20. Laminarien. (Nach Rosen.)

Bau der höheren Pflanzen erblicken lassen. Zunächst sehen wir die große Laminarien, die an der Küste der nördlichen Meere sehr häufig ist und aussieht, als wäre ein langes Blatt an einem kräftigen Stiele befestigt. Da haben wir schon deutlich voneinander gesonderte Organe: zunächst einen Stiel, der mit seinem unteren Ende durch Wurzeln auf dem Boden aufsitzt und mit ihm verwachsen ist. Die Wurzeln dringen hier gar nicht in den Untergrund ein, der aus hartem Fels besteht, sondern sie begnügen sich damit, sich gewissermaßen festzukrallen und vollbringen nur die Funktionen des Festhaltens, während die Nahrungsaufnahme von einem anderen Teil der Pflanze besorgt wird. Am oberen Ende läuft nämlich der Stiel in ein breites, bei manchen Formen geteiltes Blatt aus, dem die Nahrungsaufnahme obliegt und das zu diesem Zwecke eine große Oberfläche ausbildet. An diesen Objekten können wir auch einen Fortschritt in der Größe erkennen, denn während die kleinen nur aus einfachen oder verzweigten Zellfäden bestehenden Pflanzen nur ganz klein sind, kann eine solche Laminaria eine Länge von $1^1/_2$ Metern erreichen. (Vergl. auch das Titelbild: Tange und Rotalgen am Meeresgrunde.)

Die Differenzierung der Organe kann noch außerordentlich viel weiter gehen, als bei der eben beschriebenen Laminaria. Auf der Figur 21 ist ein sogenannter Beerentang dargestellt, eine Pflanze, die sich auf den ersten Blick in nichts von jedem noch so hoch organisierten Gewächs unterscheidet. Dieser Beerentang, Sargassum genannt, hat bekanntlich auf der Entdeckungsfahrt des Kolumbus eine eigenartige Rolle gespielt, die beinahe die große Tat dieses Mannes vereitelt hätte. Kolumbus gelangte nämlich in eine Region, in der außerordentlich große Mengen von solchen losgerissenen Tangstücken durch die Strömungen zusammengetragen werden. Die Matrosen, deren Phantasie durch die lange und ziellose Reise sehr erregt war, fürchteten in diesen Tangwiesen ein unüberwindliches Hindernis anzutreffen und hätten fast den kühnen Seefahrer zur Umkehr gezwungen. Diese Pflanze kommt hauptsächlich in den wärmeren Meeren vor und wurzelt auf dem Boden, von welchem sie sich bis zu einer Höhe von mehreren Metern erhebt. Die Oberfläche der nahrungsaufnehmenden Organe ist hier dadurch außerordentlich stark vergrößert, daß sie sich auf eine unendlich große Zahl von Blättern verteilt, die ganz wie bei einer höheren Pflanze an einem mehrfach verzweigten Stamme entspringen. Zwischen den einzelnen, dichtstehenden Blättern erblickt man eine große Anzahl von beerenartigen Körpern, die aber keine Früchte sind, sondern nur luftführende Organe darstellen, genau wie die Blasen von Fucus, und die Funktion haben, die Pflanze im Wasser in die

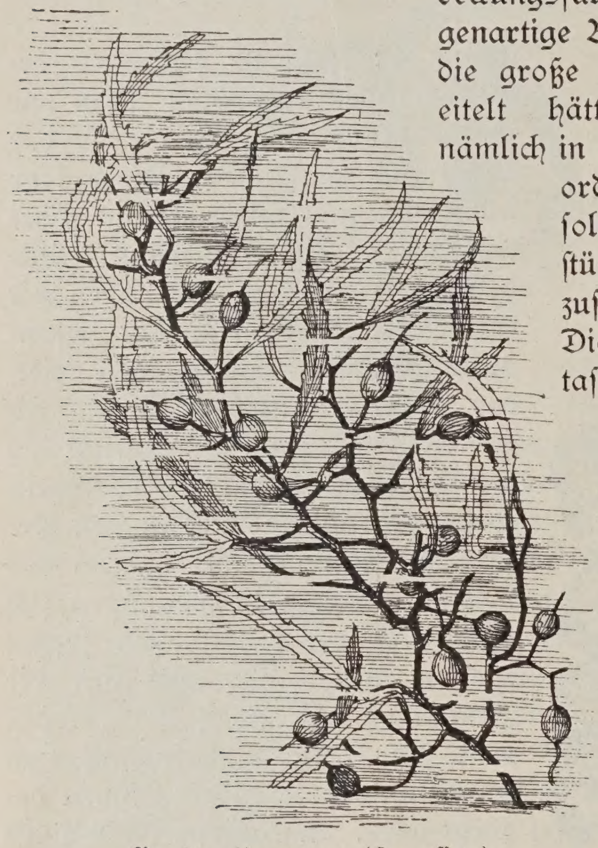


Fig. 21. Beerentang (Sargassum). (Nach Schmeil.)

Höhe zu tragen. Auf dem folgenden Bilde (Figur 22) ist nun ein äußerlich noch höher organisierter Tang dargestellt, den man auf den ersten Blick für eine Palme halten könnte, wüßte man nicht, daß es sich um eine Pflanze des Meeresbodens handelt.

Wir haben nun in aller Kürze uns einige Stufen der Organisation verschiedener, den Meeresboden bevölkernder Pflanzen vorgeführt, die auf dem Grunde festgewachsen sind. Wir haben aber jetzt noch gewisser Organismen Erwähnung zu tun, die sich durch Lebensweise und Bau scharf von den bisher besprochenen unterscheiden. Untersuchen wir den Schlamm aus einer Tiefe, in welcher das Pflanzenleben noch möglich ist, so finden wir darin kleine pflanzliche Zellen, die nicht am Grunde festgewachsen sind, sondern auf ihm hin kriechen. Diese gehören zu der Familie der Diatomeen und zeichnen sich durch die Eigentümlichkeit aus, daß sie ihren Körper mit einer festen Kieselschale umgeben, welche auch nach ihrem Tode noch übrig bleibt. Wir haben schon gehört, daß aus der Ansammlung solcher Kieselschalen Gesteine von außerordentlicher Mächtigkeit werden können. Wie schon gesagt, bestehen Kieselgur und Polierschiefer aus ihren Überresten, die sich an Stellen angesammelt haben, an denen diese Pflanzen in außerordentlicher Menge vorkommen. Die Mannigfaltigkeit der Formen, die es von diesen Organismen gibt, ist außerordentlich groß; auf Figur 23 ist eine Anzahl solcher, den Boden bewohnender Diatomeen dargestellt. Die Schale, die den Körper umgibt, kann die verschiedenartigsten Gestaltungen haben und besitzt außerdem, wie man besonders gut bei stärkerer Vergrößerung erkennt, eine eigenartige Skulptur. Sie ist nicht glatt, sondern weist die kompliziertesten Zeichnungen auf, die so fein sind, daß man sie als Objekt zur Prüfung der Güte eines Mikroskops benutzt. Bei C und D sieht man, daß sich über die Schale eine dunkle Linie hinwegzieht, die auch für die Pflanze von großer Bedeutung ist. Es ist dies eine Vertiefung in der Kieselschale, die an gewissen Stellen durchlöchert

Fig. 22. Lessonia fuscesceus. (Aus Oltmanns, Morphologie und Biologie der Meeresalgen.)

ist, so daß Protoplasma, das das Innere der Zelle erfüllt, frei nach außen treten kann. Es bewegt sich dann in einem Strom die genannte Vertiefung entlang, und tritt an einer anderen Stelle wieder in das Innere der Zelle ein. Die Bewegung dieser zähflüssigen Masse bewirkt nun ein Fortgleiten der ganzen Zelle auf der Unterlage und erlaubt so der Diatomee, auf dem Boden hinzukriechen. Hier haben wir also eine zweite Form der den Boden bewohnenden Pflanzen vor uns, die es aber nicht zu einer so hohen und komplizierten Organisation bringen, wie die festgewachsenen Meeresalgen, von denen wir früher gesprochen haben. Sie leben vielmehr stets entweder als einzelne Zellen oder als fadenförmige oder klumpenförmige Kolonien von untereinander in keiner Weise unterschiedenen Elementen.

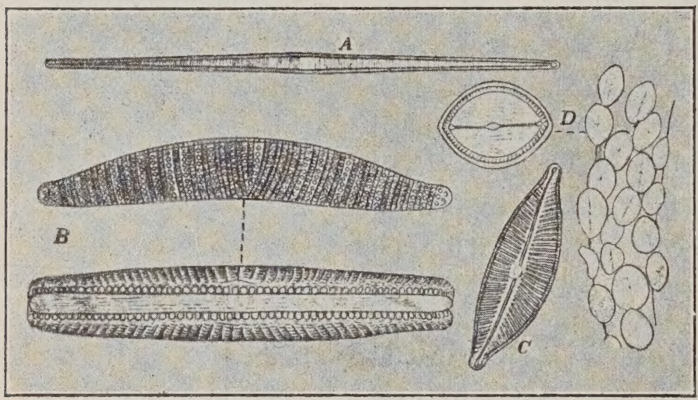


Fig. 23. Bodendiatomeen.

Mit diesen Diatomeen des Bodens sind nun Organismenformen nahe verwandt, die das andere Besiedelungsgebiet der Meerespflanzen bevölkern, die Oberfläche. Auch hier finden sich Diatomeen, also einzellige, mit Kieselschalen versehene Algen, neben Vertretern anderer Familien, hauptsächlich der Peridineen, die sich vor allem durch den Mangel verkieselter Schalen und durch den Besitz von Geißeln als Bewegungsorganen unterscheiden.

Diese Pflanzen der Oberfläche leben unter ganz eigentümlichen Bedingungen. Sie stehen nicht wie die auf dem Grunde festgewachsenen oder darauf hinkriechenden Formen in Kontakt mit dem Meeresboden, sondern sie schweben frei in den höheren Schichten des Wassers, auf die sie infolge ihres Lichtbedürfnisses beschränkt sind; und unter ihnen liegen endlose Wassertiefen, in denen für sie der sichere Tod sich befindet. Denn wenn sie in die Region gelangen, in welche das Licht nicht mehr in genügender Stärke eintritt, so können sie nicht mehr am Leben

bleiben, sie gehen dort unrettbar zugrunde, weil ihnen eine notwendige Bedingung ihrer Existenz fehlt. Diese Organismen schweben also gewissermaßen in einer steten Lebensgefahr und müssen sich mit allen möglichen Mitteln vor dem Untersinken zu schützen suchen. Nun könnte man meinen, es sei nichts einfacher als dieses: die Pflanzen brauchten sich doch bloß, ähnlich wie der Blasen- oder Beerentang, mit einem Apparat zu versehen, der ihnen ein geringeres Gewicht verleiht, als das des Wassers, um sich so an der Oberfläche zu erhalten. Damit wäre ihnen aber auch nicht gedient, denn dann würden sie alle hinaufsteigen bis an die Oberfläche und dort wie eine Schicht von Fettröpfchen schwimmen. Die Oberfläche würde dicht bevölkert sein und hier würden sich die Organismen eine gefährliche Konkurrenz machen, während die darunter liegende Schicht von 100 bis 150 Metern Tiefe, die doch auch bewohnbar ist, frei von Pflanzen wäre, und ein derartiges Verhalten hätte also eine ungenügende Ausnützung des zur Verfügung stehenden Raumes zur Folge. Die Pflanzen dürfen demnach nicht auf dem Wasser schwimmen, sondern sie müssen in ihm schweben. Sie müssen sich in der Tiefe zwischen der Oberfläche und etwa 150 Metern erhalten können, ohne nach unten zu sinken oder nach oben zu steigen. Das kann am einfachsten dadurch geschehen, daß sie ein spezifisches Gewicht annehmen, welches genau dem des Wassers gleicht. Aber auch hierbei würden sich kleine Schwierigkeiten ergeben, denn es ist z. B. das spezifische Gewicht des Wassers nicht konstant, sondern ändert sich unter anderem mit der Temperatur, und am Tage sind bei starker Bestrahlung die oberflächlichen Schichten beträchtlich wärmer als in der Nacht. Hätten sich nun z. B. die Pflanzen genau auf das bei Nacht herrschende spezifische Gewicht ihrer Wasserschicht eingestellt, so würden sie bei Tage untersinken, weil sie dann schwerer wären als das Wasser. Es würden ferner die ständigen Veränderungen der Temperatur mit der Jahreszeit und die fortwährende Änderung der Wasserdichte durch Verdunstung und Zufluß von Süßwasser eine unausgesetzte Regulation des spezifischen Gewichtes der Pflanzen zur Folge haben, die bloß einmal zu versagen brauchte, um die betreffenden Zellen in die Tiefe und somit in das sichere Verderben zu reißen.

Die Pflanzen erhalten sich nun in Wirklichkeit nicht dadurch schwebend, daß sie ihr spezifisches Gewicht genau dem des Wassers

anpassen, sondern auf andere Weise. Sie sind stets ein wenig schwerer als das Meerwasser, wie aus der Tatsache hervorgeht, daß es unschwer gelingt, sie durch Zentrifugieren zum Absetzen zu bringen. Aber dieses kleine Übergewicht veranlaßt deshalb kein Sinken der Zellen, weil durch den Bau des Körpers die Reibung der Oberfläche in dem Wasser derart vergrößert wird, daß sie nicht mehr durch die Schwere überwunden werden kann. Dieses Organisationsprinzip der Vergrößerung der Oberfläche zur Erhöhung der Reibung beherrscht die gesamte schwebende Pflanzenwelt der Meeresoberfläche, die Diatomeen sowohl wie die Peridineen und ist in verschiedenster Weise durchgeführt, wie wir durch Betrachten einiger Typen erfahren.

Fig 24. Formen von Ceratium. (Aus Rickaid, Ozeanogaphie).

Im einfachsten Falle erfolgt diese Vergrößerung dadurch, daß die betreffenden Zellen eine flache, schachtelförmige Gestalt annehmen. Daß dieser Umstand schon allein genügt, das Sinken außerordentlich zu erschweren, kann man an jedem Papierblatt wahrnehmen. Papier hat ein bedeutendes höheres spezifisches Gewicht als Luft und fällt trotzdem in Form eines Blattes verhältnismäßig langsam. Daß das nur an der Gestalt und an der großen Oberfläche liegt, kann man an der Geschwindigkeit des Falles beobachten, wenn das Papier zu einer Kugel zusammengeknüllt wird. In demjenigen Typus von Oberflächendiatomeen, in dem die Schale eine ausgeprägt flache Gestalt annimmt, haben wir eine Verwirklichung des gleichen Prinzips.

Das ist der einfachste Typus, den wir als Trommeltypus bezeichnen. In komplizierterer Weise ist aber die Oberflächenvergrößerung bei denjenigen Formen verwirklicht, die nicht ihrem ganzen Körper eine flache Gestalt geben, sondern bei denen vom Körper aus Fortsätze ausgehen, die in noch wirksamerer Weise die Vergrößerung der Oberfläche und somit des Reibungs-

widerstandes bewirken. Das sehen wir z. B. bei den Vertretern der Peridineengattung Ceratium (Fig. 24), bei denen der eigentliche Zellkörper eine dreieckige Gestalt aufweist, die ziemlich kompakt und gedrungen ist, von welcher aber Fortsätze ausgehen, die die Oberfläche in außerordentlicher Weise vergrößern. Diese Fortsätze sind mehrmals länger als die Zellen selbst, sie sind manchmal gekrümmt wie Hörner, sie können mitunter die kompliziertesten Windungen annehmen oder an der Spitze wie eine

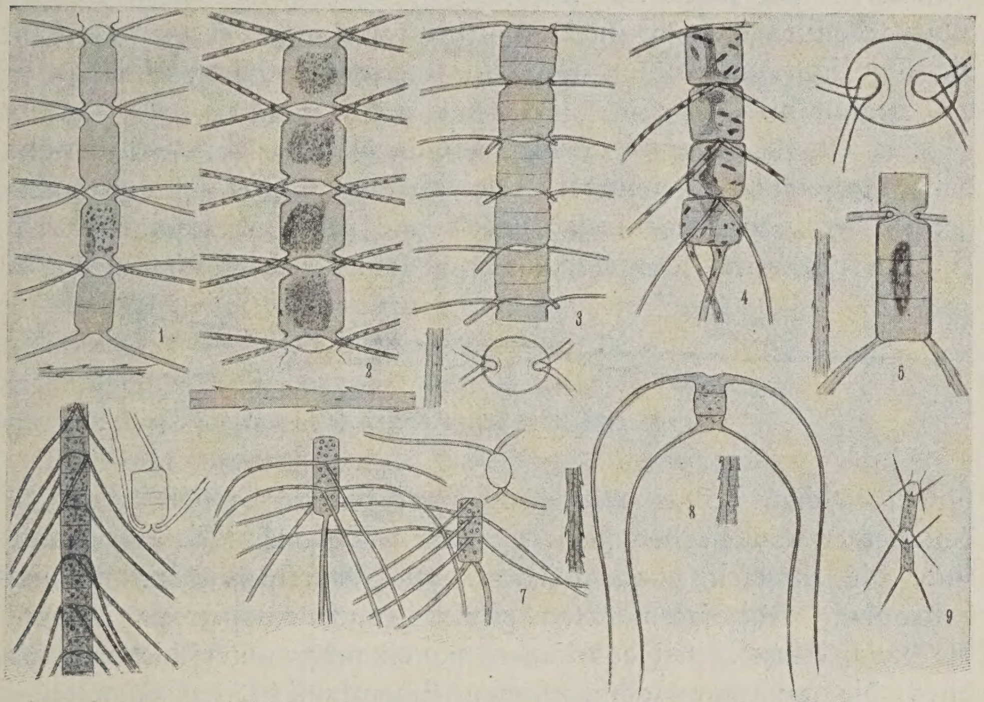


Fig. 25. Formen von Chaetoceras. (Nach Cleve.)

Hand verbreitert und gespaltet sein, kurzum, wir können beobachten, wie das Organisationsprinzip in der mannigfaltigsten Weise in dieser formenreichen Gattung verwirklicht ist.

Einen anderen Fall von Oberflächenvergrößerung finden wir an der Diatomeengattung Chätoceras (Fig. 25). Deren Zellen haben die Gestalt flacher Schachteln, die meistens zu Fäden verbunden sind und bei denen jede Zelle aus vier Ecken lange haarartige Fortsätze entsendet. Auch diese Gattung ist sehr formenreich. Die einzelnen Arten sind recht verschieden und unterscheiden sich durch die Länge der Fortsätze, durch ihre Richtung, indem sie manchmal senkrecht von dem Faden abstehen, manchmal

einem Ende zugewandt sind; durch die Ausbildung feiner Zähnchen auf den Borsten oder durch ihre glatte Struktur: kurzum durch eine Reihe von Einzelheiten, die aber das allgemeine Bauprinzip nicht berühren. Manche Arten dieser Gattung haben einzeln lebende Zellen, die natürlich an und für sich nicht so gut gegen das Sinken geschützt sind, wie eine Kette, deren Reibungswiderstand durch die große Zahl der Borsten stark erhöht ist; und dann sind zum Ersatz dafür diese Schutzorgane außerordentlich stark entwickelt. So sehen wir auf Fig. 26 eine Zelle, deren Körper außerordentlich klein ist im Verhältnis zur Länge der vier Borsten, die von ihm ausstrahlen und ein wirksames Schutzmittel gegen das Sinken bilden.

In etwas änderer Weise ist das Prinzip der Zellfortsätze bei Rhizosolenia ausgebildet. Bei diesen Pflanzen ist von vornherein der Zellkörper langgestreckt und es wird schon dadurch eine Vergrößerung des Verhältnisses seiner Oberfläche zum Vo-

Fig. 26. Chaetoceras spec. (Nach Schütt.)

lumen bedingt. Das wird nun noch dadurch erhöht, daß an den beiden Enden der Zellen Stacheln oder Spitzen angebracht sind, die ihrerseits noch wirksam zur Oberflächenvergrößerung beitragen. Rhizosoleniaarten gibt es auch eine große Anzahl, die durch Einzelheiten des Baues voneinander unterschieden, doch durch die genannten gemeinsamen Eigentümlichkeiten ausgezeichnet sind.

Auf Figur 27 ist nun eine Art der Gattung Rhizosolenia dargestellt, die sich noch durch eine besondere Eigenheit auszeichnet. Wir sehen zunächst hier den langgestreckten Körper ebenso, wie bei den anderen Arten der gleichen Gattung und die spitzen Fortsätze an beiden Enden, die hier ganz besonders lang sind. Eine Eigentümlichkeit, die sofort auffällt, ist nun die, daß die eine dieser Spitzen nicht gerade ist, sondern gebogen. Hat diese Biegung einen Zweck und steht sie in irgendwelchem Zusammenhang mit dem Schutz gegen das Sinken? Man wird von vornherein zu dieser Annahme geneigt sein, hauptsächlich auf Grund des Umstandes, daß gebogene Formen unter den Algen der Meeresoberfläche ganz besonders häufig sind. Wir finden

gebogene Hörner bei Ceratium, wir finden gebogene Zellketten bei Chaetoceras und auch in verschiedenen anderen Diatomeengattungen der Meeresoberfläche, und die halbmondförmige Biegung der einzelnen Zellen ist bei einer ganzen Reihe von Formen eine häufige Erscheinung. Wollen wir wissen, in welcher Weise diese Biegung das Sinken beeinflussen kann, so können wir uns das am besten klar machen, wenn wir uns vorstellen, daß die abgebildete Rhizosoleniazelle ins Fallen gerät. Die günstigste Lage hierfür ist natürlich die, in welcher die gerade Spitze senkrecht nach unten gerichtet ist und wie ein Keil auf das Wasser wirkt. Das gekrümmte, aufwärts gewandte Ende wird nun infolge seiner Biegung die Zelle aus ihrer Lage bringen, denn es bewirkt ein Übergewicht nach einer Seite; die Zelle wird also aus der Stellung kommen, in welcher sie am leichtesten sinkt und auf diese Weise im Fallen aufgehalten werden. So ist denn die Biegung der Zellen oder ihrer Teile ein Mittel, diese in einer Lage zu erhalten, in welcher die Oberflächenvergrößerung am wirksamsten in Kraft tritt.

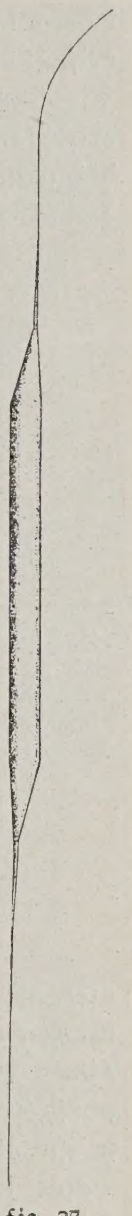


Fig. 27. Rhizosolenia spec. (Nach Schütt.)

Noch ein anderes Prinzip der Oberflächenvergrößerung läßt sich beobachten, das hauptsächlich in der Familie der Peridineen, aber auch bei einzelnen Diatomeen entwickelt ist, nämlich die Ausbildung von kragenartigen, wie ein Fallschirm wirkenden Membranfortsätzen. Eine Art von Übergang von dem vorigen Typus zu diesem bildet die Diatomee Gosleriella, deren Zellen dem flachen Trommeltypus entsprechend gebaut sind, aber außerdem an ihrem Rand einen dichten Kranz von feinen Schachteln tragen. Diese wirken in ihrer Gesamtheit wie eine Art Schirm, so wie er sich in der Gattung Planktoniella in schönster Weise ausgebildet findet (Fig. 28). Die besten Beispiele für derartige Fallschirme finden wir aber bei manchen Peridineen, bei denen sich der Kragen am oberen Ende der Zelle befindet, während deren ganzer Bau daraufhin wirkt, daß der Schirm stets in der Lage bleibt, in welcher er am wirksamsten ist, so also, daß seine Fläche senkrecht zur Fallrichtung steht. Das kann schon allein durch die Form der Zelle bedingt sein, ohne daß besondere Fortsätze dazu

nötig wären. Wenn sie z. B. eine rübenförmige Gestalt hat, so stellt sie sich von selbst in die Gleichgewichtslage, in welcher der Schirm die genannte Lage besitzt. Aber die Sicherheit des Einhaltens dieser Lage kann noch durch zwei Momente erhöht werden. Einmal dadurch, daß sich am unteren Ende stachelartige Fortsätze finden, die durch ihre Hebelwirkung in noch erhöhtem Maße die Einstellung der Zelle bewirken und ferner dadurch, daß an der Seite der Zelle, senkrecht herablaufend flügelartige Leisten ausgebildet werden, die wie ein Steuer funktio-

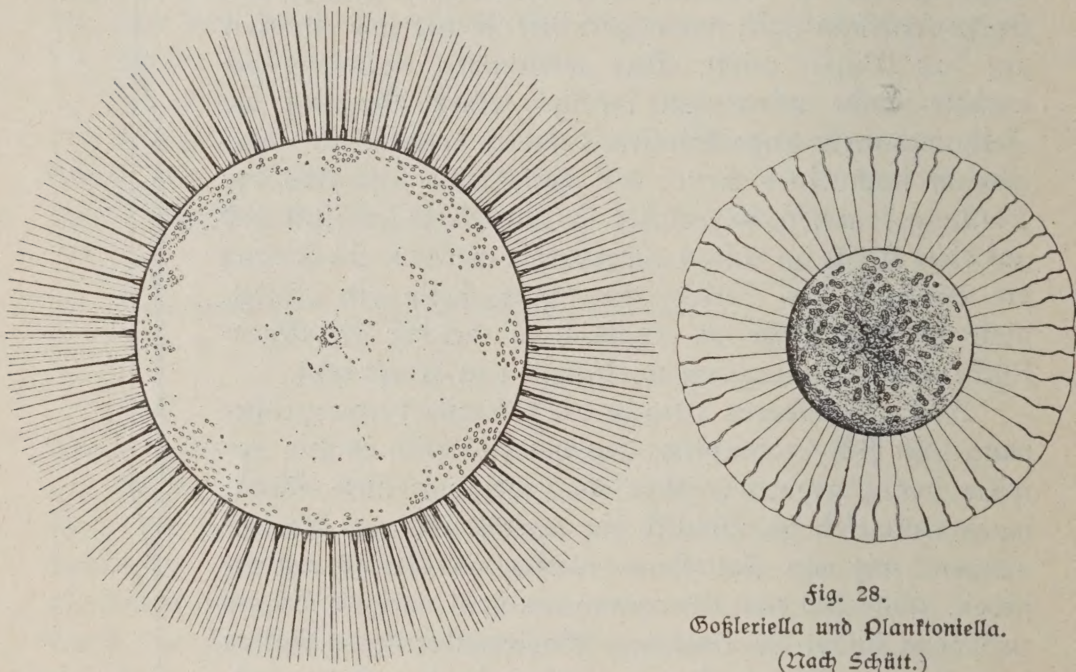


Fig. 28.
Goßleriella und Planktoniella.
(Nach Schütt.)

nierend, jede seitliche Abweichung verhindern. Diese Einrichtungen sind, in der mannigfaltigsten Weise ausgebildet, auf Figur 29 zu sehen, welche Vertreter zweier Peridineengattungen darstellt. Eine geradezu ideale Ausbildung des Fallschirmes weist aber Ornithocercus splendidus auf (Fig. 30), der von Schütt im zentralen Teile des Atlantischen Ozeans gefunden wurde. Hier besitzt der eiförmige Zellkörper am oberen Ende einen Kragen, der den Zelldurchmesser um ein Mehrfaches übertrifft, durch netzartige Versteifungsleisten verstärkt und so in die Lage versetzt wird, den seinem Widerstand entsprechenden Wasserdruck auszuhalten; am unteren Ende der Zelle aber finden wir drei, wie Taue aussehende lange Fortsätze, die genau wie man es bei

einem Fallschirm erstrebt, durch ihr Gewicht den ganzen Apparat in der richtigen Lage erhalten.

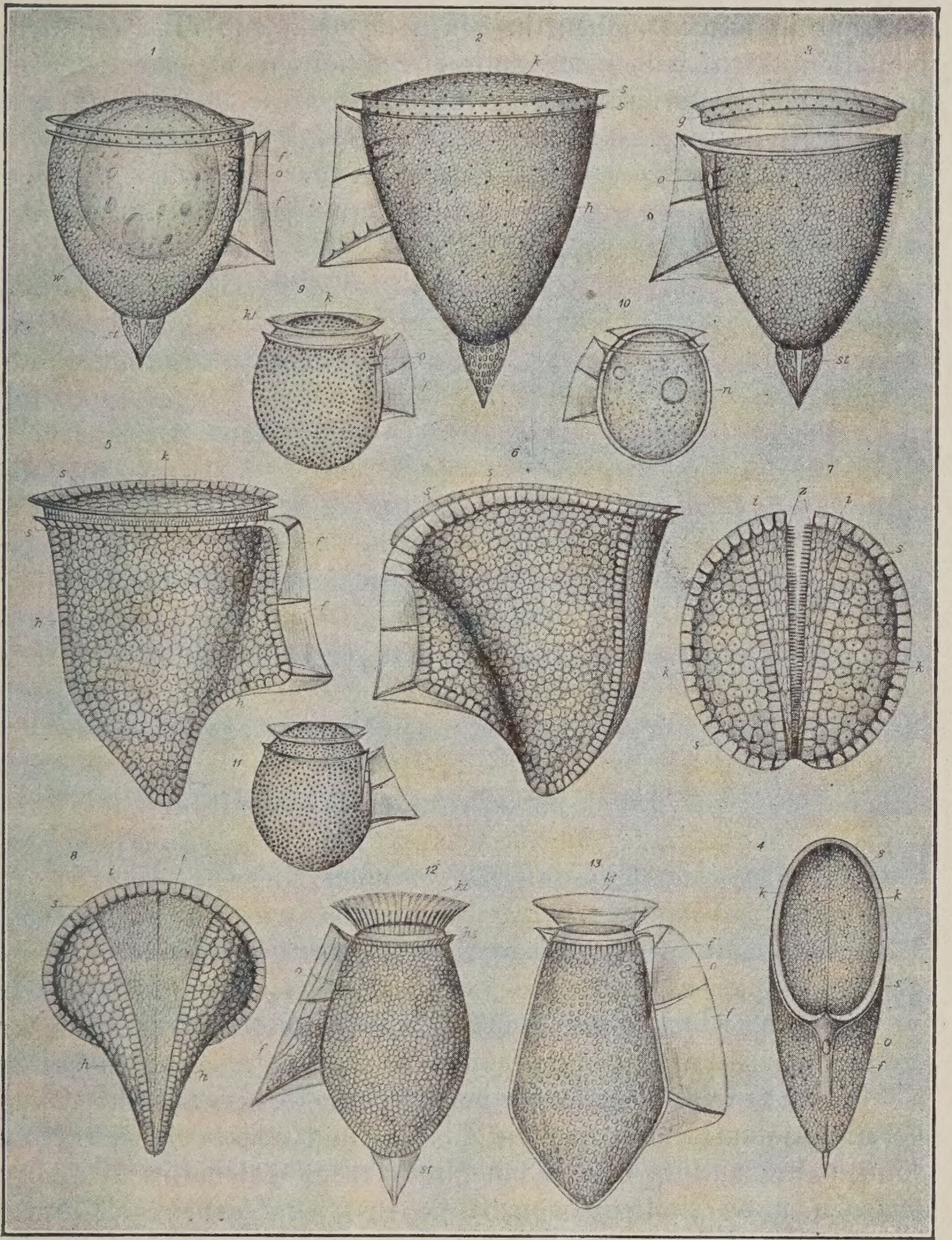


Fig. 29. Pholacroma und Dinophysis. (Nach Stein.)

Wir haben bei dieser Betrachtung einer Anzahl von Typen der Oberflächenbewohner des Meeres gesehen, wie diese sich

mit den verschiedenartigsten Mitteln der Konstruktion ihrer Zellen gegen die Gefahr des Sinkens schützen. Das geschieht, wie wir wissen, darum, weil die Pflanzen an das Licht gebunden sind und nur in solchen Zonen, in denen sie genügend Licht erhalten, die Möglichkeit haben, organische Substanzen zu erzeugen, die sie zum Unterhalt ihres Lebens brauchen. Wir wollen jetzt noch auf eine Anpassung eingehen, die sie befähigt, das Licht, in dessen Sphäre sie sich schwebend erhalten, in der wirksamsten Weise auszunützen, nämlich auf ihre Farbe.

Fig. 30. Ornithocercus splendidus. (Nach Schütt.)

Es ist kein Zufall, daß allen Pflanzen, die am Lichte organische Substanz erzeugen und sich auf diese Weise ernähren, lebhafte Färbung der oberirdischen Organe eigen ist, während die Pilze, die im Waldesdunkel von den abgestorbenen Resten anderer Organismen leben, ebenso bleich und farblos sein können, wie die Wurzeln, die die grüne Pflanze in die lichtlose Region des Bodens entsendet. Die Farbe kann nur am Lichte zur Geltung kommen, sie ist aber auch die unbedingte Voraussetzung für die Verwertung des Lichtes durch die Pflanze. Wir können uns das sehr leicht klar machen, wenn wir nur daran denken, was die Farbe eines Körpers eigentlich bedeutet, warum er uns, im Lichte der Sonne gesehen, mit einer bestimmten Färbung behaftet erscheint. Um das zu verstehen, erinnern wir zunächst daran, daß das weiße Licht der Sonne in Wirklichkeit nicht homogen ist, sondern aus mehreren Lichtarten besteht, die wir als verschiedene Farben empfinden und deren Zusammenklang uns die Empfindung von Weiß gibt. Wir können bekanntlich das Sonnenlicht durch prismatische Gläser zerlegen und erhalten dadurch sieben Grundfarben, die durch allmähliche Übergänge miteinander verbunden sind. Wenn uns ein Körper direkt oder indirekt vom Sonnenlicht getroffen rot erscheint, so liegt das daran, daß er einen Teil der Sonnenstrahlen in sich aufnimmt und in Wärme verwandelt, während

er einen anderen Teil, und unter ihm besonders die roten Strahlen, zurückwirft. Diese treffen unser Auge und darum erscheint uns der Körper rot; und so entstehen alle Körperfarben dadurch, daß bestimmte Teile der Sonnenstrahlen verschluckt, bestimmte zurückgeworfen werden und die Empfindung, die durch das Gemisch der zurückgeworfenen Farben hervorgerufen wird, erscheint uns als die Körperfarbe des betreffenden Gegenstandes. Körper, die alle Farben des Sonnenlichtes zurückwerfen, nennen wir weiß, solche, die alles Licht verschlucken, nennen wir schwarz, und die letzteren sind es, die sich bekanntlich in der Sonne am stärksten erwärmen, eben deshalb, weil sie alles zugestrahlte Licht absorbieren und in Wärme verwandeln.

Nun ist es klar, daß, wenn die Pflanze das Licht verwerten will, sie einen Teil der Lichtstrahlen absorbieren muß, um ihre Kraft in irgendeine andere Form zu verwandeln. Sie darf also nicht weiß erscheinen wie ein Körper, der alle Strahlen zurückwirft oder etwa durchsichtig wie farbloses Glas, das alle Strahlen hindurchläßt, sondern sie muß wenigstens einen Teil der Sonnenstrahlen zurückhalten, den sie zur chemischen Arbeitsleistung verwertet und es ist daher von vornherein selbstverständlich, daß sie uns in irgendeiner Farbe erscheinen muß. Die Pflanzen des Festlandes und des süßen Wassers sind im allgemeinen grün, und das rührt daher, daß in ihren Zellen kleine grüne Körperchen enthalten sind, die, wie sich nachweisen läßt, die Organe der Kohlensäureassimilation darstellen. In ihnen vollzieht sich die Umwandlung der Kraft der Sonnenstrahlen in chemische Arbeit und sie sind es, die der Pflanze auch die Farbe verleihen, indem sie einen Teil der Sonnenstrahlung absorbieren. Ihre grüne Farbe zeigt uns an, daß sie die Strahlen dieser Farbe ungeschwächt durchlassen und zurückwerfen müssen, und in der Tat wird dies durch eine genaue physikalische Untersuchung bestätigt, welche lehrt, daß die roten und blauen Strahlen hauptsächlich absorbiert werden, während, wie zu erwarten war, grün keine Schwächung erleidet. Diese absorbierten Strahlen sind es nun, die die Kohlensäureassimilation unterhalten: wird die Pflanze von ihnen getroffen, so vermag sie chemische Arbeit zu leisten, während grün für sie in dieser Beziehung ebenso gut ist wie Dunkelheit, weil das grüne Licht nicht absorbiert wird und infolgedessen auch nicht verwertet werden kann.

Die grüne Farbe der Pflanzen ist nun als Anpassung an

die Außenwelt sehr gut verständlich. Tagsüber erhalten ja die Pflanzen meistens genügend weißes Licht, also Licht aller Farben zugestrahlt. Es würde also während dieser auch eine rote Pflanze, die speziell die grünen Strahlen absorbiert, chemische Arbeit leisten können. Aber in den frühen Morgen- und Abendstunden überwiegt gerade das rote Licht und so ist es vorteilhaft, daß die Pflanze speziell diese Strahlen absorbiert, um möglichst früh ihre Assimilationstätigkeit beginnen zu können und möglichst spät damit aufzuhören. Andererseits aber überwiegt, wie schon die blaue Farbe des Himmels lehrt, am Tage das blaue Licht, sobald die Pflanze nicht vom direkten Sonnenlichte getroffen wird, so daß aus diesem Grunde die Assimilationstätigkeit in den blauen Strahlen als eine Anpassung an das Himmelslicht erscheint. Man könnte sich nun fragen, warum die Pflanzen nicht alles Licht absorbieren und darum schwarz oder schwarzgrau aussehen; dann würden sie ja an alle Verhältnisse angepaßt und unter allen Umständen assimilationsfähig sein. Das würde aber einen großen Nachteil für sie haben, weil sie bei direkter Sonnenstrahlung sich zu stark erwärmen und darum leicht zugrunde gehen könnten. So haben wir denn in der grünen Farbe eine Anpassung zu sehen, die es der Pflanze erlaubt, zu Zeiten schlechter Beleuchtung das Licht gut auszunützen, während bei starker Beleuchtung eine allzu große Erwärmung vermieden wird.

Auch im Meere gibt es grüne Pflanzen, namentlich in den Regionen, die der Oberfläche nahe sind. Aber daneben finden wir auch hier schon eine Anzahl von roten und braunen, die immer mehr das Übergewicht erlangen, in je größere Tiefen wir fortschreiten; und die Pflanzen, die an der Meeresoberfläche schweben, sind zum allergrößten Teile braun gefärbt. Es fragt sich nun, ob wir diese Eigentümlichkeiten durch die Verhältnisse, unter denen die Pflanzen des Meeres leben, zu erklären imstande sind. Das ist in der Tat möglich: die braune und rote Farbe der Meeresalgen rührt nämlich daher, daß diese nicht die roten Strahlen hauptsächlich absorbieren, sondern wesentlich die grünen und grünblauen, die gerade von den Landpflanzen ungeschwächt gelassen werden. Dementsprechend führen sie ihre Assimilationsarbeit auch in anderen Lichtfarben aus, als die grünen Pflanzen. Hauptsächlich sind bei ihnen die grünen Strahlen wirksam, während die roten keinen Einfluß auf diesen Prozeß haben. Diese ganze Erscheinung wird verständlich, wenn wir uns über die Verhält-

nisse der Lichtabsorption im Wasser klar werden. Das Wasser, das in dünnen Schichten durchsichtig ist, verschluckt in Wirklichkeit ziemlich viel Licht, und so erscheint uns eine tiefe Wassermasse dunkel, während es uns doch möglich sein müßte, bis in die größten Meerestiefen hinabzusehen, wenn das Wasser nicht mehr Licht absorbierte als die Luft. Die Tiefe, bis zu der wir Licht nachweisen können, hängt ganz von der Empfindlichkeit des Instrumentes ab, mit dem wir sie untersuchen. Man verwendet dazu photographische Platten, die man in geschlossenen Apparaten in die Tiefe hinabläßt, dort mit Hilfe einer Auslösungsvorrichtung eine Zeit lang belichtet, um dann zu prüfen, ob dieser Lichteindruck eine Spur hinterlassen hat. Je empfindlicher die Platte, um so größer ist natürlich die Tiefe, in welcher sich noch ein Eindruck nachweisen läßt. Für uns ist aber diese absolute Tiefe nicht von Interesse, sondern nur die, bis zu welcher das Licht in genügender Stärke eindringt, um eine Unterhaltung des Pflanzenlebens zu ermöglichen, und diese Grenze wird durch die untere Tiefengrenze des Pflanzenlebens selbst bezeichnet.

Nun haben wir gesehen, daß es für die Ausbildung der Farben der Landpflanzen von großer Bedeutung war, welche Zusammensetzung das sie bestrahlende Licht hat. Es fragt sich nun, welcher Art das Licht ist, das in diejenigen Meerestiefen, in denen die Pflanze noch leben kann, eindringt. Läßt das Wasser diese Zusammensetzung der Lichtfarben unverändert oder absorbiert es vorwiegend einzelne von ihnen, während andere in höherem Maße durchgelassen werden? Diese Frage können wir beantworten, wenn wir die Farbe einer dickeren Wasserschicht untersuchen. Da sehen wir, daß das Wasser nicht völlig farblos ist, sondern uns, je nachdem es mehr oder weniger rein ist, blau oder grünblau erscheint. Das ist ein Beweis dafür, daß es vorzugsweise die roten und die orangefarbenen Strahlen verschluckt und die grünen und blauen durchläßt. In größeren Tiefen oder bei schwächerer Beleuchtung werden also die Pflanzen des Meeres von den roten Strahlen sehr wenig erhalten, während von Blau oder Grün noch beträchtliche Mengen hingelangen. Sind also die Meerespflanzen grün, was, wie wir hörten, auf vorzugsweiser Absorptioon des roten Lichts und Ungeschwächtlassen des grünen beruht, so sind sie schlechter daran, als die braunen und roten, die an die Verwendung des blauen und grünblauen Lichtes angepaßt sind. So sehen wir, daß die Meeres-

pflanzen in ihrer Färbung ebenso sehr an die Ausnützung der herrschenden Verhältnisse angepaßt sind, wie die grünen Pflanzen des Festlandes. Und diese Anpassung wird sich vollzogen haben, als die Pflanzen begannen, im Laufe ihrer allmählichen Entwicklung aus ganz einfachen Organismen ihre jetzigen Wohngebiete zu besiedeln.

Im Hinblick auf diese Verhältnisse ist es von besonderem Interesse, daß es wirklich eine Pflanze gibt, die eine verschiedene Färbung annimmt, je nach den Lichtverhältnissen, unter denen sie lebt. Es handelt sich zwar nicht um ein Meeresgewächs, doch ist ihr Verhalten gerade für das Verständnis der Färbung der Meeresalgen so wichtig, daß wir mit einigen Worten darauf zu sprechen kommen wollen. Diese Pflanze heißt Oscillaria, besteht aus einfachen Zellfäden und lebt auf feuchtem Boden, auf dem sie kleine Überzüge bildet. Diese Überzeüge sind meistens blaugrün, können aber auch bräunlich oder violett aussehen. Es zeigt sich nun, daß man ihre Farbe in der Kultur willkürlich verändern kann, und zwar durch Erziehung in verschiedenfarbigem Lichte. Bringt man sie hinter einen roten Schirm, so nehmen sie eine Farbe an, die das Rot am besten ausnützt und die Strahlen, die der rote Schirm absorbiert, die sie also nicht mehr zugestrahlt erhalten zurückwirft: sie werden grün. Erzieht man sie dagegen in grünem Licht, so ändern sie ihre Farbe so, daß sie jetzt imstande sind, dieses zu verwerten: sie werden violett, und so kann man, wenn man verschiedenfarbige Schirme anwendet, auch eine ganze Reihe von Farbentönen in der Pflanze erzielen, die sich jedesmal an die möglichst günstige Ausnützung der gebotenen Verhältnisse anpassen.

Die Meeresalgen sind in ihrer Färbung nicht so veränderlich, wie die Oscillarien, und wir sind nicht imstande, sie durch verschiedene Lichtfarben zur Annahme verschiedener Färbungen zu veranlassen. Sie haben sich eben an die konstanten Bedingungen ihrer Umgebung angepaßt und sich auf eine möglichst gute Ausnützung der grünblauen Strahlen eingerichtet. Aber die Entstehung ihrer Färbung aus der grünen Farbe der im ungeschwächten Licht lebenden Gewächse können wir uns an Hand der Erfahrungen an Oscillaria leicht vorstellen.

IV. Kapitel.

Die Lebensbedingungen und Lebensweise der schwebenden Meeresflora.

Wir haben im letzten Kapitel die Eigentümlichkeiten des Baues der das Meer bewohnenden Pflanzen kennen gelernt: derer sowohl, die den Boden besiedeln, als auch derer, die in den Wasserschichten der Oberfläche schweben. Insbesondere von diesen haben wir gesehen, in welch charakteristischer Weise sie an ihre eigentümlichen Lebensbedingungen angepaßt sind. Es gibt für sie kein gefährlicheres Schicksal, als in die Tiefe zu sinken, und so ist ihr ganzer Bau darauf eingerichtet, dieses Sinken mit allen erdenklichen Mitteln zu verhüten. Wir sahen, daß das in den einfachsten Fällen durch Oberflächenvergrößerung ihres Körpers herbeigeführt wird; wir sahen, daß in anderen Fällen das gleiche Ziel durch Bildung von entsprechenden Auswüchsen der Membran erreicht wird, bis wir schließlich im letzten Beispiel eine Pflanze kennen lernten, die mit einem förmlichen Fallschirm ausgestattet ist und mit einem Apparat, der dazu dient, den Fallschirm in der richtigen Lage zu erhalten.

Mit Hilfe all dieser Einrichtungen schweben also die Pflanzen in den Regionen des Wassers, bis zu welchen das Licht hingelangt und bilden zusammen mit den kleineren Tieren dieser Schichten eine Lebensgemeinschaft, die man mit Häckel als „Plankton" zu bezeichnen pflegt. Das charakteristische des Planktons, das auch in dem Namen seinen Ausdruck findet, besteht darin, daß es im Wasser willenlos umhergetrieben wird. Nicht daß den Organismen des Planktons unter allen Umständen jede freie Beweglichkeit versagt wäre; es haben z. B. die Peridineen des Planktons, von denen wir ja eine ganze Anzahl schon kennen gelernt haben, Geißeln, mit deren Hilfe sie im Wasser zu schwimmen vermögen und die Tiere des Planktons, von denen wir noch Näheres hören werden, sind zum größten Teil frei beweglich. Aber die Gesamtgröße dieser Organismen ist so gering, daß sie mit ihrer eigenen Bewegung gegen die Bewegung des Wassers nicht ankämpfen können, daß sie von ihr also von Ort zu Ort getragen werden, ganz im Gegensatz zu

den größeren Tieren, die wie z. B. die Fische, imstande sind, unabhängig von den Bewegungen des Wassers zu schwimmen und auf diese Weise Wanderungen auszuführen, die ebensogut mit der Strömung wie gegen die Strömung gerichtet sein können.

Wir wollen nunmehr die besonderen Lebensbedingungen der Pflanzen im Plankton ins Auge fassen, besonders deshalb, weil diese Organismen im Haushalte des Meeres eine so ungeheure Rolle spielen. Sie sind ja nicht seine einzigen pflanzlichen Bewohner, wir haben im Gegenteil auch bodenständige Algen kennen gelernt, die unter Umständen bedeutende Größe und hohen Entwicklungsgrad erlangen können. Wir haben aber auch gehört, wie infolge der eigentümlichen Lebensbedingungen diese bodenständigen Algen auf einen schmalen Küstenbezirk beschränkt sind. Nur da, wo das Meer seicht ist, gelangt noch so viel Licht auf den Boden, daß sich eine intensive Vegetation entwickeln kann, der größte Teil des Meeresbodens aber liegt in völliger Finsternis da und ist darum für Pflanzen unbewohnbar. Demgegenüber bietet aber die freie Oberfläche des Meeres überall die Bedingungen für die Existenz von Pflanzen, und so werden wir sehen, daß diese von den niedrigen Breiten der Äquatorialregion bis zu den Eismeeren von Pflanzen bevölkert ist und zwar überall bis zu der Tiefe, in welche das Licht noch in genügender Stärke eindringt. So kommt es, daß das Verbreitungsgebiet der Planktonalgen bedeutend größer ist, als das der bodenständigen, und dem entspricht auch ihre Wichtigkeit für das Organismenleben im Meere überhaupt. Wir wissen ja, daß das Tierleben von den Pflanzen abhängt, und so ist denn das pflanzliche Plankton direkt oder indirekt die Hauptnahrungsquelle aller im Meere lebenden Tiere, seien sie auch noch so groß. Die kleinen nähren sich direkt von den Algen, sie werden wiederum von größeren Tieren verzehrt, und so geht denn durch die ganze Organismenwelt eine Kette, die schließlich auf die Planktonpflanzen, das sog. Phytoplankton, zurückführt.

Wenn wir nun die Organismen des Phytoplanktons mit den Algen des Bodens vergleichen, so fällt uns zunächst eines auf. Wir fanden am Meeresboden Organismen der allerverschiedensten Stufen: von Diatomeen, die als einzelne Zellen leben, andere Formen, die aus Zellfäden bestehen bis zu hochorganisierten Pflanzen, die sich in Stamm, Blätter und Wurzeln differenziert haben, also Organismen, die weder an Wuchs, noch an Diffe-

renzierung den hochentwickelten Pflanzen des Festlandes nachstehen. Wir lernten unter Umständen an ihnen besonders ausgebildete Organe kennen, die ihren Lebensbedingungen entsprechen, wie z. B. die Blasen von Fucus und die beerenartigen Körper bei Sargassum, die der Pflanze einen aufrechten Wuchs verleihen. Demgegenüber stehen die Pflanzen des Planktons, die alle mikroskopisch klein sind und entweder aus einer einzelnen Zelle bestehen oder aber aus einer Zellkette, die, aus unter sich gleichartigen Zellen aufgebaut, keine weitere Differenzierung aufweist. Woher kommt diese Eigentümlichkeit, die besonders deshalb verblüffend wirkt, weil wir eben gehört haben, daß die Verbreitungsbedingungen für die Algen des Planktons wesentlich günstiger sind als für die des Bodens? Das Schwimmen allein kann die Ursache davon nicht sein, denn auch im Süßwasser gibt es eine ganze Reihe von schwimmenden Pflanzen, die ebenso hoch organisiert sind wie andere Wasserpflanzen. Einige von ihnen entfalten ihre Blätter, die durch den Besitz besonderer Luftorgane ein geringes spezifisches Gewicht erhalten, auf der Wasseroberfläche. Bei einem anderen Teil ist der ganze Pflanzenkörper untergetaucht und es werden nur die Blüten über die Wasseroberfläche hinausgehoben. Es muß also ein anderer Grund sein, der die Organisation der schwimmenden Algen des Planktons auf einer so niederen Stufe erhält, im Gegensatz zu den hochorganisierten Pflanzen des Meeresbodens. Ein solcher Grund ist auch vorhanden, und bei näherem Nachdenken leicht zu erkennen. Wir haben ja von den hochorganisierten Bodenalgen gesehen, daß es sich bei ihnen um große Pflanzen handelt. Ein so großes Gewächs aber, wie eine Laminaria oder ein Sargassum, braucht Zeit, um zu seiner definitiven Entwicklung zu gelangen. Es kann sich nicht in dem kurzen Zeitraum von einer Woche oder einem Monat entwickeln, sondern es sind dazu viele Monate, ja selbst Jahre notwendig. Handelt es sich um eine Pflanze, deren Entwicklung während einer Reihe aufeinanderfolgender Jahresperioden vor sich geht, so wächst sie stoßweise: während bestimmter Monate nimmt sie an Umfang zu und entfaltet neue Organe; während anderer sehen wir äußerlich Ruhe eintreten. In dieser Ruheperiode aber vollziehen sich im Innern der Pflanze alle diejenigen Veränderungen, die das Wachstum der künftigen Vegetationszeit vorbereiten. Eine solche Art von Entwicklung setzt unbedingt voraus, daß

die Bedingungen für Wachstum und die Bedingungen für Ruhe in regelmäßigem Wechsel wiederkehren. Es brauchen, ja es dürfen nicht einmal konstant die gleichen Verhältnisse herrschen, aber es muß doch ein Wechsel der Jahreszeiten in regelmäßiger Weise stattfinden. Diese Bedingungen sind im großen und ganzen erfüllt für die Pflanzen, die am Boden festgewachsen sind. Und die Verschiedenheiten, die zwischen einem Jahre und dem anderen herrschen, bewirken lediglich, daß einmal ein üppigeres, ein anderes Mal ein weniger intensives Wachstum stattfindet, während eine jahrelange völlige Unterbrechung der Vegetation nie eintritt.

Diese Verhältnisse, die eine kontinuierliche Entwicklung ermöglichen, sind aber für die Pflanzen des Phytoplanktons, also für diejenigen, die in den oberflächlichen Schichten des Meeres schwimmen müssen, nicht vorhanden. Wir haben ja gehört, daß die Lebensgemeinschaft, der sie angehören, durch die Passivität gekennzeichnet ist, mit der sie von den Bewegungen des Wassers erfaßt werden. Diese Bewegungen vollziehen sich aber nicht nur in der auffälligsten Art, in welcher wir sie beobachten: im Wellenschlag; nicht nur in der Ebbe und Flut, die an den Küsten das Wasser zu fortwährendem Kommen und Gehen zwingt, sondern vor allem in den Strömungen, die, über die ganze Meeresoberfläche verteilt, ein ständiges System von Zirkulationsbewegungen bilden. Es gibt nämlich keine Wassermasse an der ganzen Oberfläche der Ozeane, die einem bestimmten Meeresgebiete etwa in dem Sinne angehörte, daß wir sie immer an ein und derselben Stelle wiederfinden. Im Gegenteil: das Wasser, das sich heute in der Äquatorialregion befindet und die dieser Zone entsprechenden Eigentümlichkeiten von Salzgehalt und Temperatur aufweist, wird von den Strömungen davongetragen und ist nach Monaten an einer ganz anderen Stelle mit veränderter Temperatur und Konzentration zu finden und kann schließlich in die Region des Eismeeres gelangen. Diese Strömungen, die das Wasser in ständiger Bewegung halten, bedingen ganz eigentümliche Lebensverhältnisse für die Pflanzen des Planktons. Es ist ihnen durch sie unmöglich gemacht, sich längere Zeit hindurch unter gleichartigen Bedingungen zu entwickeln. Stellen wir uns z. B. vor, eine höher organisierte, freischwimmende Alge sei an die in der Äquatorialregion herrschenden Verhältnisse angepaßt und beginne dort mit der Entfaltung ihrer

Organe. Sie wird nicht lange imstande sein, Blätter und Sprosse unter den Temperaturbedingungen zu treiben, welche für sie die günstigsten sind, sondern wird, durch die Strömungen getrieben, sehr bald in Regionen gelangen, die zwar für andere Pflanzen sehr günstig sein mögen, für die Äquatorialalge aber zu sehr von den Verhältnissen abweichen, an die sie angepaßt ist. Und bis sie dazu gelangt, ihre Fortpflanzungsorgane auszubilden, wird sie mit den Strömungen vielleicht in die kältesten Gebiete des Ozeans getrieben worden sein und wird ihre Fortpflanzungszellen in einer Region entwickeln, in welcher diese gar nicht mehr zu einer neuen Pflanze auskeimen können.

Man sieht also ein, daß bei der Unstetigkeit der äußeren Bedingungen, die durch die Unstetigkeit des Wohnortes herbeigeführt wird, im Plankton nur solche Organismen zu leben vermögen, die, die Gunst des Augenblickes benützend, sich rasch entwickeln und vermehren. Einzellige Formen z. B., die durch Teilung der einzigen Zelle, aus der sie bestehen, sich in wenigen Stunden auf das doppelte vermehren können, sind hier im Vorteil. Solange die Bedingungen ihrer Umgebung ihnen günstig sind, vollziehen sie diese Teilung rasch und häufig und bevölkern die Meeresoberfläche mit einer ungeheuren Individuenzahl. Werden die Bedingungen ungünstig, so bilden sie oft Dauerzustände, d. h. Zellen, die von einer starken Hülle umgeben, lange Zeit ruhen können, ohne zu wachsen und sich zu teilen, die aber sofort wieder in teilungsfähigen Zustand übergehen und einer großen Zahl neuer Individuen den Ursprung geben, wenn die Lebensbedingungen wieder günstig sind.

Darin erkennen wir also den Grund der niederen Organisation der Planktonalgen. Hoch differenzierte Formen, die an dem Aufbau ihres Körpers lange zu arbeiten haben, können infolge der Unstetigkeit der Bedingungen nicht aufkommen, und so wird der gesamte Charakter des Planktons durch die Meeresströmungen, in denen sie leben und von welchen sie getrieben werden, bedingt. Wir werden aber im Folgenden sehen, daß die Bewegungen des Wassers nicht nur diesen gesamten Charakter beherrschen, sondern auch die Verteilung des Planktons in ihren beiden Grundzügen: der qualitativen Verteilung, d. h. der Verbreitung der verschiedenen Formen über die verschiedenen Wohngebiete und der quantitativen Verteilung, d. h. der Produktion von Pflanzenmasse in den verschiedenen Regionen des Meeres.

Kalte Strömungen·

Fig. 31.

Warme Strömungen.

ngskarte.

Angesichts dieser Wichtigkeit der Strömungen für den uns beschäftigenden Gegenstand müssen wir etwas ausführlicher bei der Betrachtung ihrer Verteilung auf der Meeresoberfläche und ihrer Ursachen verweilen.

Daß die Oberfläche des Meeres von Strömungen bedeckt ist, war schon den Alten bekannt. Schon sie wußten, daß im Mittelländischen Meer eine kreisende Bewegung zu beobachten ist, die an der nördlichen Küste von Osten nach Westen, an der südlichen, der afrikanischen, von Westen nach Osten gerichtet ist. Sie lernten diese Bewegung durch die praktischen Erfahrungen der Schiffahrt kennen, welche lehrten, daß man niemals auf den Punkt der Küste zusteuern darf, nach welchem man gelangen will, sondern daß man der Versetzung durch die an dem betreffenden Orte herrschende Strömung Rechnung zu tragen hat. Je weiter die Schiffahrt sich nun im Zeitalter der Entdeckungsreisen ausdehnte, um so mehr erfuhr man von diesen Strömungen, und zwar war es wiederum die gleiche Art der Beobachtung, die zu ihrer Erforschung führte. Man sah, daß der Ort, der aus der Fahrtrichtung und Fahrtgeschwindigkeit des Schiffes sich berechnen läßt, durchaus nicht übereinstimmt mit dem, der durch die astronomische Beobachtung festgestellt wird. Aus der Differenz dieser Positionen ergibt sich die Stromversetzung, d. h. Richtung und Länge der Strecke, die das Schiff, vom Strome getrieben, zurückgelegt hat. Auch heute noch bildet das Material, das fortwährend die den Ozean nach allen Richtungen hin befahrenden Schiffe sammeln, die ausgiebigste Quelle für unsere Kenntnisse der Stromverteilung an der Meeresoberfläche. Aus der Fülle dieser einzelnen Beobachtungen schöpfen wir das Material zur Darstellung eines Gesamtbildes der Wasserzirkulation im Ozean und die Grundlagen zu einer theoretischen Auffassung ihrer Ursachen.

Betrachten wir zunächst unsere Karte (Fig. 31), die die Verteilung der Strömungen der Meeresoberfläche erkennen läßt. Da sehen wir zunächst, wie z. B. im Atlantischen Ozean in der Äquatorialregion die Strömungen von Westen nach Osten gerichtet sind und sich vor dem Anstoßen an das amerikanische Festland in nordwärts und südwärts gerichtete Äste teilen. Ohne auf allzu viel Einzelheiten einzugehen, wollen wir nur darauf hinweisen, daß dem nördlichen Zweige dieses Äquatorialstromes der Golfstrom entspringt, der bekanntlich bis an die Küsten

von Nordeuropa hingeführt wird und auf unser Klima einen bedeutenden Einfluß ausübt, indem er die Wärme, die das Wasser in den Äquatorialregionen aufgespeichert hat, mit sich führt und so die Lufttemperatur im Norden erhöht. Diesem Golfstrom kommt nun von Norden her eine andere Strömung entgegen, die man als Polarstrom kennt und deren Wasser infolge der Berührung mit dem schmelzenden Eise kalt und verdünnt ist.

Im ganzen sehen wir, daß die Strömungen sich im allgemeinen in Stromkreisen bewegen, von denen die Ozeane der Nordhemisphäre je zwei, die der Südhemisphäre je einen erkennen lassen.

Um ein genaues Bild von den Strömungen zu erhalten, das für die Diskussion ihrer Ursachen unerläßliche Voraussetzung ist, dürfen wir uns aber nicht mit der Betrachtung der Oberfläche begnügen. Es wäre ja wohl denkbar, daß das gesamte Stromsystem sich auf die oberflächlichen Wassermassen beschränkte, daß der Äquatorialregion durch die südwärts gerichteten Zweige genau soviel Wasser zugeführt wird, als die nordwärts fließenden wegführen. Tatsächlich ist das aber nicht der Fall, sondern es wird das auf den Stromkarten ersichtliche System der Horizontal-Strömungen durch ein System vertikaler Zirkulationsvorgänge ergänzt. Zur Erkenntnis der großen Züge dieses Strömungssystems dient uns vor allem die Beobachtung der Tiefseetemperaturen. Wir haben schon gehört, daß im allgemeinen die Temperatur des Wassers nach der Tiefe zu abnimmt. Und das müßte im großen und ganzen auch unter ganz einfachen Verhältnissen der Fall sein, weil doch die Wärme der Sonne nur bis zu einem bestimmten Niveau in das Wasser eindringt. Stellen wir uns nun ein Bassin mit einer derartigen sogenannten „katothermen" Wärmeschichtung, also mit einer Temperaturabnahme nach der Tiefe vor, in welchem ursprünglich in einer bestimmten Tiefe überall die gleiche Temperatur herrschen soll; wird nun hier eine auf dynamischen Ursachen beruhende Vertikalströmung hervorgerufen, indem z. B. der Wind das Wasser von einer Küste wegführt, so daß hier ein ständiger Ersatz aus der Tiefe stattfinden muß, während er es auf der anderen Küste anstaut, so daß ein Versinken der hier zugeführten Wassermassen die Folge ist, so wird dadurch eine Störung der ursprünglich gleichmäßigen vertikalen Temperaturverteilung die Folge sein. Die

Schichten der Tiefe, die eine niedrigere Temperatur haben, steigen an dem einen Ufer auf und so wird hier in jeder Tiefe und auch an der Oberfläche eine niedrigere Temperatur zu finden sein, als auf dem gleichen Niveau einer anderen Stelle des Bassins. An der entgegengesetzten Seite finden wir dagegen infolge des Anstauens eine höhere Oberflächentemperatur in einer größeren Tiefe an, als es der normalen Temperaturverteilung entspricht. Wenn wir uns jetzt etwa einen Querschnitt durch das Wasserbecken ausgeführt denken, und alle Punkte der gleichen Temperatur durch Linien verbinden, so werden wir sehen, wie diese Linien da wo das Wasser wieder vom Ufer weggeführt wird, aufwärts gekrümmt sind, daß sie dagegen an der Stelle, an der sich das Wasser anstaut, eine Krümmung nach abwärts aufweisen.

So sehen wir, daß wir zum Teil schon durch die Temperaturverteilung an der Oberfläche, hauptsächlich aber durch das Studium der Tiefentemperaturen ein Bild von den vertikalen Bewegungen des Wassers erhalten können. Und Beobachtungen dieser Art lehren uns in der Tat, daß, wie gesagt, ein vertikaler Zirkulationsprozeß neben der horizontalen Wasserbewegung hergeht. Aus der Verteilung der Tiefseetemperaturen entnehmen wir z. B., daß in der gesamten Äquatorialregion Wasser in die Höhe steigt, während in anderen Gebieten wiederum Wassermassen versinken. Es wird also durchaus nicht alles Wasser, das vom Äquator nach Norden und nach Süden polwärts abfließt, durch Oberflächenbewegung wieder zugeführt, sondern es erfolgt teilweise eine Kompensation dieses Wassers durch Bewegungen in der Tiefe. Es versinkt in hohen Breiten Wasser, fließt auf dem Boden des Meeres äquatorialwärts und steigt in der Äquatorialregion wieder auf. Dieser Umstand bedingt es auch, daß wir in den Meeren niederer Breiten, also in heißen Regionen, ganz niedere Wassertemperaturen in der Tiefe antreffen. Würde dort das Wasser ruhig liegen, so müßte es sich trotz der Langsamkeit, mit welcher die Wärme in die Tiefe dringt, allmählich doch auf eine höhere Temperatur erwärmen. So aber steigt es in die Höhe und wird fortwährend durch zufließendes kaltes Wasser ersetzt: so verstehen wir die eigentümliche Temperaturverteilung.

Es gibt ferner ein zweites Vertikalzirkulationssystem, das senkrecht zu dem bisher besprochenen gerichtet ist. Wir haben ge-

sehen, daß das Wasser in den niederen Breiten von Osten nach Westen fließt; dadurch wird es bedingt, daß z. B. an der Ostküste von Afrika Wasser zum Ersatz der von den Strömungen westwärts getragenen Massen aus der Tiefe aufsteigt. In diesen Regionen des aufsteigenden Wassers finden wir entsprechend der soeben von diesen Erscheinungen gegebenen Darstellung verhältnismäßig niedere Wassertemperatur an der Oberfläche. So ist z. B. an der Küste von Südwestafrika das Wasser kälter als in gleicher Breite auf offener See. Das liegt daran, daß hier Wasser aus der Tiefe aufsteigt, zum Ersatz der nach Osten hin abfließenden Massen. An der Küste von Südamerika lehren uns die Messungen der Tiefentemperaturen das entgegengesetzte Phänomen kennen, nämlich den Anstau, der mit abnorm hohen Wassertemperaturen in der Tiefe verknüpft ist: eine Folge des Versinkens von Oberflächenwasser.

Lernen wir aus dieser Art von Beobachtungen die großen Züge der Wasserbewegungen an der Oberfläche und in der Tiefe kennen, so dienen zum Studium lokaler Einzelheiten der Bewegungen und ihrer Veränderlichkeit mit dem Schwanken der äußeren Bedingungen die Methoden der direkten Strommessung. Diese werden in verschiedener Weise ausgeführt und man hat zu diesem Zwecke zum Teil recht komplizierte Apparate konstruiert, die wir nicht bis in ihre Einzelheiten beschreiben wollen; wir begnügen uns vielmehr mit einer Andeutung der Prinzipien, nach welchen sie arbeiten. So kann man u. a. die Strömung an der Oberfläche und auch bis zu einer gewissen Tiefe durch ein Verfahren messen, das sich eng an die Beobachtungen der Stromversetzungen anlehnt. Man läßt dazu irgendeinen, in seiner Form geeigneten Körper auf dem Wasser schwimmen und verfolgt seine Bewegungen im Laufe der Zeit, entweder vom Lande aus oder vom verankerten Schiff. Ja, man kann dieses Verfahren sogar in ganz großem Maßstabe anwenden, indem man Flaschen in Art der Flaschenposten in großer Anzahl auswirft und durch Feststellung des Ortes und der Zeit, zu welcher sie aufgefangen werden, die Bewegungen des Wassers verfolgt. Man kann die gleiche Methode auch zu Strommessungen in tieferen Wasserschichten verwenden, indem man nämlich den Schwimmkörper der Oberfläche durch einen feinen Draht von bestimmter Länge mit einem zweiten in der Tiefe befindlichen Schwimmkörper verbindet, und die Bewegung dieses

zusammengesetzten Apparates mit der des einfachen Oberflächenkörpers vergleicht. Der letztere wird nur durch die Oberflächenbewegung getrieben, für den kombinierten aber sind gleichzeitig die Strömungen der Tiefe maßgebend. Und so kann man aus der einen Komponente und der Resultante die andere Komponente, d. h. die reine Tiefenströmung, berechnen. Andere Methoden der Strommessung in der Tiefe beruhen z. B. darauf, daß man Apparate mit Flügelschrauben versenkt, die durch die Strömung bewegt werden und deren Bewegung automatisch registriert werden kann; oder aber daß man Instrumente benützt, die mit einem Pendel versehen sind, das durch die Bewegung des Wassers aus seiner senkrechten Lage gebracht wird. Alle diese Methoden dienen wie gesagt zur Untersuchung lokaler Eigentümlichkeiten der Strömungen, deren Kenntnis z. B. für das Verständnis der hydrographischen Verhältnisse des Mittelmeeres von großer Bedeutung gewesen ist und sicherlich noch große Dienste leisten wird.

Die Frage nach den Ursachen der Meeresströmungen wollen wir hier nur streifen. Das Problem ist deshalb kompliziert, weil bei dem Zustandekommen der in Rede stehenden Erscheinung verschiedene Faktoren beteiligt sind und ihre Bedeutung in jedem einzelnen Falle nicht genau abzuschätzen ist. Die zwei Hauptmomente sind folgende Das Wasser muß sich aus inneren Ursachen heraus dann bewegen, wenn es nicht überall die gleiche Dichte besitzt. Stellen wir uns z. B. vor, daß an einem Punkte durch höhere Temperatur ein niedrigeres spezifisches Gewicht hergestellt wird, als an anderen Punkten herrscht, so wird sich das Wasser von dieser Stelle aus über die Oberfläche verbreiten. Es wird also eine Strömung von der Stelle niedrigerer Dichte zur Stelle höherer Dichte stattfinden, was wiederum einen entgegengesetzt gerichteten Tiefenstrom hervorruft, durch welchen dann Wasser zum Ersatz der abfließenden Mengen in die Höhe steigt. Es wird sich also eine ganz ähnliche Zirkulation einstellen, wie wir sie für das Meer zwischen den hohen und den niederen Breiten beschrieben haben. In der Tat sind manche Ozeanographen geneigt, den Hauptanteil an dem Zustandekommen der Strömungen diesen Temperaturdifferenzen zuzuschreiben und erblicken unter anderem in der in hohen Breiten ständig vor sich gehenden Eisschmelze, die große Wärmemengen absorbiert, den hauptsächlichsten treibenden Faktor der Wasserbewegung. Die

Polarströmungen würden dabei dadurch hervorgerufen werden, daß verdünnteres Wasser entsteht, welches infolge seines geringen Salzgehaltes und spezifischen Gewichtes äquatorialwärts abfließt.

Ein zweites wichtiges Moment für die Entstehung der Strömungen rührt aber von außen her: das ist der Wind, der rein mechanisch das Wasser in einer bestimmten Richtung treibt. Nun weht zwar der Wind nicht immer in der gleichen Weise, aber doch gibt es für jedes Gebiet und namentlich für jedes Meeresgebiet und für jede Jahreszeit eine vorherrschende Windrichtung, und das genügt, um das Wasser in eine konstant gerichtete Bewegung zu versetzen. Wenn z. B. die vorherrschende Windrichtung während einiger Tage unterbrochen oder gar durch eine entgegengesetzte Bewegung ersetzt wird, so wird dadurch infolge der Trägheit die Wasserbewegung noch nicht aufgehalten. Sie findet vielmehr, wenn auch mit abnehmender Geschwindigkeit, in der alten Richtung weiter statt, und beginnt nach einigen Tagen der herrschende Wind von neuem, so kann sie wiederum verstärkt werden. Nach der von vielen Forschern vertretenen Auffassung soll es in der Hauptsache nicht das Vorhandensein von Differenzen im spezifischen Gewicht des Wassers sein, das die Strömungen hervorbringt, sondern vielmehr die beschriebene Wirkung der Winde.

Was die Diskussion der die Strömung bedingenden Ursachen noch besonders kompliziert, ist der Umstand, daß die Wasserbewegungen nicht in derselben Richtung fortfahren, in welcher sie die bewegende Ursache ursprünglich getrieben hat, sondern daß fortwährend eine Ablenkung aus dieser Richtung stattfindet, und zwar durch die Wirkung der Erdrotation. Den Einfluß dieser drehenden Bewegung auf die Strömungen des Wassers kann man sich mit Leichtigkeit klar machen. Man denke sich z. B. einen Strom, der auf der nördlichen Halbkugel von Norden nach Süden fließt. Die Wasserteilchen, aus denen er zusammengesetzt ist, gelangen durch seine Bewegung aus hoher in niedere Breite in immer größere Entfernung von der Erdachse, um welche die Rotation stattfindet, d. h. sie kommen aus einer Region, in welcher die Erdrotation eine ziemlich geringe absolute Geschwindigkeit aufweist, in eine solche, in der die Geschwindigkeit immer größer und größer wird. Es ist ohne weiteres klar, daß, je weiter ein Punkt der Erdoberfläche von den Polen

entfernt ist, um so größer auch der Weg ist, den er infolge der Rotation in einem bestimmten Zeitraume zurücklegt. Das Wasser, das nun auf diese Weise in Regionen von immer größer werdender Bewegungsintensität gelangt, behält aber infolge der Trägheit die seitliche Bewegungsgeschwindigkeit, die ihm früher eigen war, und so bleibt es bei der Rotation hinter der Erdbewegung zurück. Ein von Norden nach Süden fließender Strom erfährt auf diese Weise eine westwärts gerichtete Bewegung, weil seine Wasserteilchen hinter der Erdrotation zurückbleiben. Umgekehrt wird ein auf der nördlichen Halbkugel nordwärts fließender Strom durch die Erdrotation nach Osten abgelenkt, weil sein Wasser aus einer Region größerer Geschwindigkeit in eine solche von geringerer gelangt und auf diese Weise der Erdbewegung vorauseilt. Bei allgemeiner Betrachtung ergibt sich, daß die beschriebene Wirkung der Erdrotation auf der Nordhemisphäre alle Ströme nach rechts und aus dem gleichen Grunde aus der Südhemisphäre nach links ablenkt. Diese ständige Ablenkung der Wasserbewegung aus der angestrebten Richtung, sowie die Kompliziertheit der Bewegungsursachen sind es, die das Problem der Meeresströmungen so verwickelt gestalten, daß wir heute noch kein genaues Bild aller Zusammenhänge besitzen.

Für uns kommt es aber auch weniger auf ein ursächliches Erfassen der fraglichen Erscheinungen an, als auf eine Beobachtung der tatsächlichen Verhältnisse. Mögen die Meeresströmungen so oder so entstehen, sie wirken auf das Phytoplankton in einer von den letzten treibenden Kräften unabhängigen Weise ein. Wir haben gesehen, daß einer dieser Einflüsse sich in der Einfachheit der Planktonorganismen geltend macht, die unter ständig wechselnden Bedingungen lebend, keinen hohen Grad der Komplikation erlangen können, sondern niedrig organisiert bleiben. So kann stets leicht eine Neubildung erfolgen, sobald die Bedingungen günstig sind, und es besteht nicht die Gefahr, daß ein durch die Bewegungen der Ströme hervorgerufener Wechsel der äußeren Verhältnisse nicht den Erfolg langer Bau- und Entwicklungstätigkeit vernichtet.

Dieser Einfluß der Meeresströmungen, die die Organismen von der Stelle wegtragen, an der sie sich gebildet haben, macht sich nun auch in der Verteilung der Arten des Phytoplanktons geltend. Die Verteilung der Organismen auf der Oberfläche

der Erde ist der Gegenstand einer besonderen Wissenschaft, die wir als die Biogeographie bezeichnen, und die Ergebnisse dieses Forschungszweiges, dessen Begründung wir Alexander von Humboldt verdanken, haben hauptsächlich zwei Dinge kennen gelehrt. Erstens, daß die Beschaffenheit der Organismen, die sich an einem bestimmten Punkte finden, im engsten Zusammenhange mit den dort herrschenden Verhältnissen stehen. Wo ähnliche Bedingungen sich finden, da trifft man auch eine ähnliche Flora an. So kann man, von der Ebene ins Hochgebirge wandernd, die gleichen Übergänge von Laubwäldern zu Nadelwäldern, von Nadelwäldern zu einer niederen strauchartigen Vegetation bis zum Übrigbleiben einfacher Flechten beobachten. Diese Kette von Übergängen wird in beiden Fällen durch die abnehmende Temperatur und durch die Kürze der zur Verfügung stehenden Vegetationsperioden bedingt. Aber wenn wir überall unter gleichen Bedingungen, z. B. in allen Hochgebirgen der Welt, den gleichen Charakter der Flora antreffen, so lehrt doch eine genauere Betrachtung, daß die vorhandenen Arten, wenn auch einander ähnlich, doch nicht miteinander identisch sind. Es tritt als bedingende Ursache für die Gestaltung der Flora zu den äußeren Bedingungen noch etwas anderes, nämlich die historische Entwicklung. Wir wissen heute, daß Einzelorganismen und ganze Floren auseinander entstanden sind, sich ineinander verwandelt haben. Und für die Florenumwandlungen, die hauptsächlich bei Gelegenheit einschneidender Veränderung der äußeren Bedingungen stattfinden, ist es von großer Wichtigkeit, was sich früher an der betreffenden Stelle für Pflanzen befunden haben. Die gleiche Veränderung der äußeren Bedingungen bringt stets einen ähnlichen Charakter hervor, aber die Einzelheiten hängen auch von der früheren Gestaltung ab. Dieses historische Moment, das für die Entwicklung der Festlandsflora von größter Bedeutung ist, fällt nun für das Plankton vollständig weg. Denn da wir gesehen haben, daß sein Nährboden, das Meerwasser, in ständigem Wechsel begriffen ist, daß es nicht an ein und derselben Stelle konstant erhalten bleibt, sondern einer fortwährenden Erneuerung unterliegt, ist es auch begreiflich, daß die Flora selbst von historischen Charakteren keine Spur trägt. Mit dem Wasser muß sie selbst sich immer aufs neue bilden und ihre Bestandteile werden durch die Strömungen nach allen Richtungen verstreut. So kommt es, daß zwar jedes Meeresgebiet eine charakteristische Zu-

sammensetzung seines Planktons aufweist, daß diese Zusammensetzung aber wesentlich durch die Lebensbedingungen beeinflußt wird, und das Verbreitungsgebiet der einzelnen Arten außerordentlich groß ist. Die Strömungen tragen die Keime überall hin und so entwickeln sie sich auch überall da, wo die Bedingungen für ihre Existenz günstig sind. Damit hängt auch die oft besprochene, eigentümliche Erscheinung zusammen, daß zwei Meeresgebiete, die zwar identische Bedingungen aufweisen, aber lokal so weit als irgendmöglich voneinander getrennt sind, nämlich das nördliche und südliche Polarmeer, gemeinsame Tier- und Pflanzenformen besitzen, die in ihnen beiden, aber auch nur hier vorkommen, während sie in der großen, dazwischenliegenden Strecke nicht zu finden sind.

Zu den Aufgaben der Pflanzengeographie gehört aber nicht nur die Erforschung der Verbreitungsgebiete der einzelnen Arten, sondern auch die Schätzung der Gesamtmenge an lebender Substanz, die eine bestimmte Gegend produziert; in unserem Falle also die Ermittelung der Planktonquantitäten, die verschiedene Meeresgebiete aufweisen. Diese hängt in der oft besprochenen Weise lediglich von der Menge des Phytoplanktons ab, welche dann ihrerseits die gesamte Produktion des Meeres an Tieren, auch z. B. an nutzbaren Fischen, beeinflußt, so daß die Fragen nach der Ursache der verschiedenen Planktonproduktion in verschiedenen Regionen nicht nur für die Wissenschaft, sondern auch für die Praxis von besonderem Interesse ist; dieses Interesse wird noch erhöht durch die eigenartigen Verhältnisse, welche man in dieser Hinsicht beobachten kann.

Schon gewisse Züge in der Verbreitung der großen Fischereien lassen darauf schließen, daß die Gesetze der Organismenproduktion im Meere recht verwickelt sein müssen. Ist es doch bekannt, daß seit langer Zeit schon Fischer aller Länder die Gewässer rund um Island z. B. aufsuchen, um dort oft unter großen Gefahren der Fischerei obzuliegen. Es müssen wohl also diese nördlichen Meeresgebiete ertragreicher sein, als die der gemäßigten Regionen, z. B. der französischen Küste, von wo auch Fischerflotten nach Island ziehen. Und ganz ähnliche Verhältnisse herrschen ja auch in Asien, wo z. B. im russisch-japanischen Friedensschlusse die Fischereirechte in den nördlichen Gewässern bei Sachalin und Kamtschatka von großer Bedeutung waren.

Was ist nun die Ursache dieses Fischreichtums? Wir können

von vornherein schon auf Grund dessen, was wir bisher gehört haben, sagen, daß ihm ein großer Planktonreichtum zugrunde liegen muß, denn das Plankton ist ja die Quelle aller Nahrung. Und in der Tat haben die ersten systematischen Untersuchungen über die Verteilung des Planktons das auf den ersten Blick so überraschend erscheinende Resultat gehabt, daß das Plankton in den nördlichen Meeren bedeutend reicher ist, als in den gemäßigten. Und gleichzeitig haben diese Untersuchungen auch in bezug auf die zeitliche Verteilung ein interessantes Ergebnis gezeitigt: sie haben nämlich gelehrt, daß nicht, wie man meinen sollte, der Sommer, in dem alle Vegetation des Festlandes am üppigsten entwickelt ist, den größten Planktonreichtum aufweist, sondern daß dieser meistens in den Frühling, ja sogar oft an das Ende des Winters fällt, während der Sommer im allgemeinen sehr planktonarm ist.

Diese Erfahrungen scheinen im krassen Widerspruche zu dem zu stehen, was wir sonst über den Einfluß von Temperatur und Licht auf die Vegetation wissen. Denn diese beiden Faktoren sind es, die das Pflanzenleben auf der Erdoberfläche im höchsten Grade fördern, und nun scheint es, als ob im Meere genau das Entgegengesetzte der Fall sei. Bei der inneren Gleichartigkeit der Lebensprozesse bei allen Pflanzen kann ein solcher Widerspruch kein wirklicher sein, sondern muß auf irgendeiner Komplikation der Umstände beruhen, unter denen die Algen des Planktons leben. Tatsächlich lassen sich auch die Gründe für diese eigenartige zeitliche und örtliche Verteilung der Produktion erkennen. Es ist dazu aber nötig, sich die Bedingungen der Produktionsgröße und die speziellen Verhältnisse im Meere im besonderen klar zu machen.

Die Pflanzen brauchen zum vegetieren, wie wir wissen, eine Anzahl von Nährstoffen, die ihnen ihre Umgebung bieten muß, und die in unserem speziellen Falle im Meerwasser gelöst sind. Es ist nun von vornherein klar, daß der Produktionsgröße durch die Menge dieser Nährstoffe eine gewisse Grenze gesetzt ist. Mehr Pflanzensubstanz, als aus ihnen gebildet werden kann, können wir unter keinen Umständen in einer bestimmten Wasserschicht vorfinden, und so könnte man meinen, daß es zur Feststellung

der Produktionsmöglichkeit irgendeines Meeresgebietes genügen müßte, die in ihm enthaltene Nährstoffmenge zu ermitteln; da im allgemeinen die Pflanzen sich die äußeren Bedingungen so gut wie möglich zunutze machen, könnte ihre schließliche Menge so groß sein, als der vorhandenen Nahrung entspricht.

Dieser vollständigen Ausnützung der Nahrung, die zur Bildung einer durch chemische Untersuchungen genau festzustellenden maximalen Pflanzenmenge führen würde, steht aber ein Umstand hindernd im Wege: die ständige Vernichtung der Pflanzensubstanz, die im Meere ebensogut wie auf dem Festlande stattfindet. Diese Vernichtung wird im Meere durch zweierlei Einflüsse herbeigeführt. Einmal durch die Bewegungen des Wassers, die wie wir ja schon ausführlich besprochen haben, die Pflanzen unter sehr verschiedene Bedingungen bringen und oft auch unter solche, die ihnen eine Existenz unmöglich machen. So gehen sie z. B. häufig zugrunde, wenn durch die Wasserbewegung eine Mischung sehr salzhaltiger Wasserschichten mit salzarmen stattfindet. Die Folge davon ist, daß die in dem Wasser lebenden Pflanzen einen plötzlichen Sprung im Salzgehalt der Umgebung erleiden müssen, der oft tödlich auf sie wirkt; und so können wir denn in Mischgebieten, unter denen solche Verhältnisse herrschen, also z. B. in der Nähe von Küsten, von welchen aus große Mengen Süßwasser dem Meere zugeführt werden oder in Regionen, in welchen die salzarmen Polarströmungen den salzreicheren warmen Strömungen begegnen, oft ein Zugrundegehen von Pflanzen in größtem Maßstabe beobachten.

Ein zweiter Faktor aber, der überall in noch viel größerem Umfange wirkt, ist die Vernichtung der Pflanzen durch die Tiere. Diese Vernichtung findet stets statt und ist für die Erhaltung des Tierlebens notwendig, weil ja die Tiere die organische Substanz, deren sie zum Aufbau ihres Körpers und zum Betrieb ihrer Lebensfunktionen bedürfen, nicht selbst herstellen können, sondern von den Pflanzen erhalten. Und so sind sie darauf angewiesen, fortwährend Pflanzensubstanz zu zerstören. Die Intensität des Tierlebens, die Fülle von großen und kleinen Tieren und die wir im Meere antreffen, unter denen namentlich die Krebse des Planktons eine große Rolle spielen, besagt uns schon, daß diese Zerstörung eine sehr intensive sein muß, denn sie ist ja imstande, einer so großen Menge von tierischer Substanz die Möglichkeit für Aufbau und Erhaltung zu

geben; dieser Vorgang verhindert aber in leicht einzusehender Weise die völlige Ausnutzung der gelösten Nährstoffe des Meerwassers und wirkt in entscheidender Weise mitbestimmend auf die Menge von Pflanzen, die sich in verschiedenen Meeresteilen finden.

Diese Menge ist nämlich nach dem Gesagten abhängig von dem Verhältnis, in welchem die Geschwindigkeit der Vernichtung zu der der Neubildung steht. Fände nicht fortwährend von neuem Entstehung von Pflanzensubstanz statt, so würde die Vernichtung schließlich alles zugrunde richten, was vorhanden ist; und nur dann kann sich die Menge der in einer bestimmten Wassermasse enthaltenen Pflanzen auf einer bestimmten Höhe erhalten, wenn stets so viel durch Neubildung dazukommt, als durch Vernichtung verloren geht. Würde zeitweilig die Vernichtung überwiegen, so würde die Menge der Pflanzensubstanz zurückgehen. Dadurch aber würde wiederum die Ernährung der Tiere erschwert werden, ihre Zahl verringert und schließlich würde die abnehmende Vernichtungsgröße zur Herstellung eines neuen Gleichgewichtes führen. Unter keinen Umständen aber kann die Ausnützung der Nährstoffe eine vollständige sein, denn je mehr sich ihr Vorrat der Erschöpfung nähert, um so geringer wird die Geschwindigkeit, mit welcher die Pflanzensubstanz entsteht; und so würde schließlich, bevor völliger Verbrauch der Nahrung eingetreten ist, die Vernichtung die Oberhand gewinnen, und die Tiere würden mit ihren Exkrementen einen Teil der Nährstoffe wieder in das Wasser ausscheiden, so daß von neuem der Aufbau von Pflanzensubstanz beginnen könnte.

So sehen wir also, daß die Menge der in einem bestimmten Meeresgebiete vorhandenen Pflanzen von den komplizierten Faktoren der Neubildung und Vernichtung abhängt. Wir sehen aber ferner, daß die Vernichtung seitens der Tiere wiederum reguliert wird durch die Menge der Pflanzensubstanz, da um so mehr Tiere entstehen, je mehr von jener vorhanden ist, so daß als ausschlaggebendes Moment die Neubildung der Pflanzensubstanz anzusehen ist. Deren Bedingungen kennen zu lernen, ist also eine wichtige Aufgabe der hydrobiologischen Forschung.

Die allgemeinen Erfahrungen lehren uns, daß vor allem ein Umstand für die Geschwindigkeit der Neubildung von Pflanzensubstanz maßgebend ist: *das ist die Erneuerung des Wassers, in dem sie leben, also der oberfläch-*

lichen Schichten des Meeres. Wir haben ja gesehen, daß die quantitative Verteilung des Planktons über Ort und Zeit ganz eigentümliche Verhältnisse aufweist, die im ersten Augenblick schwer zu erklären sind. Es sind gerade diejenigen Meeresgebiete am planktonreichsten, an denen wir nach Maßgabe der Temperatur und der Lichtverhältnisse die größte Sterilität zu erwarten hätten. Man kann aber feststellen, daß diese Gebiete sich alle durch einen besonders intensiven Wasserwechsel auszeichnen. Es gehören dazu natürlich in erster Linie die Küstenregionen, welche vom Lande her Süßwasserzufluß erhalten. Hier mischt sich dieses Süßwasser mit dem schwereren Seewasser, es verbreitet sich infolge seines geringen spezifischen Gewichtes über die Meeresoberfläche und dadurch wird bedingt, daß es sich an den Küsten stets aufs neue bilden muß. Ganz ähnlich wie diese Küstenströme verhalten sich die Polarströme. Sie bringen zwar nicht süßes Wasser unmittelbar vom Lande her, aber doch aus Regionen, in welchen der niedrigen Temperatur entsprechend ein Pflanzenleben nicht bestehen kann. In etwas niedereren Breiten mischen sie sich mit dem von Süden herkommenden konzentrierteren Seewasser, es findet also in diesen Mischgebieten eine ständige Erneuerung der Wassermassen statt, die von einem außerordentlich intensiven Organismenleben begleitet ist. Diese Regionen und Mischgebiete der kalten und warmen Strömungen sind es auch, die von den Fischern infolge ihres Fischreichtums aufgesucht werden. In den Gewässern von Island, an den Küsten des nördlichen Nordamerika findet dieses Zusammentreffen und Mischen der verschiedenen Strömungen in äußerst intensivem Maße statt und darauf ist wohl ganz allgemein der Plankton- und somit auch der Fischreichtum der Gewässer hoher Breiten zurückzuführen.

Es gibt aber noch eine andere Quelle von Wasser, welches zur Erneuerung des Oberflächenwassers beizutragen imstande ist: das Wasser der großen Tiefen. Wir haben ja bereits oben gehört, daß dieses Tiefenwasser durchaus nicht unbeweglich ist, sondern daß es Anteil nimmt an dem allgemeinen Zirkulationsprozeß im Meere. Wie wir gehört haben, sinkt in den hohen Breiten ein Teil des vom Äquator kommenden Wassers in die Tiefe, um in der Äquatorialregion aufzusteigen. Es wird ferner an den westlichen Küsten der zentralen Ozeane in die Höhe gesogen, um als Ersatz für das ostwärts abfließende und an

den östlichen Küsten in die Tiefe gelangende Wasser zu dienen. So sehen wir also zwei große, senkrecht zueinanderstehende Vertikalzirkulationssysteme, die das Aufsteigen von Tiefenwasser an bestimmten Stellen bedingen. Parallel mit dieser Verteilung der Vertikalbewegungen geht nun auch die quantitative Verteilung des Planktons. Es ist eine eigentümliche Tatsache, daß, während das Plankton in den mittleren Breiten außerordentlich arm ist, es eine größere Menge im Tropengürtel selbst erreicht. Man könnte das ja vielleicht dem Einflusse der bedeutenden Regengüsse dieser Region zuschreiben. Diese Erklärung stimmt aber nicht für gewisse Teile des anderen Vertikalzirkulationsgebietes: der Westküsten der Ozeane, die sich ebenfalls durch großen Organismenreichtum auszeichnen. Von all diesen Gebieten: den Küsten von Marokko, sowie von Südwestafrika, der Kalifornischen Küste so gut wie der Peruanischen, wird ein außerordentlich großer Reichtum an Fischen und anderen Tieren berichtet; und wo man Planktonuntersuchungen in solchen Regionen gemacht hat, hat man auch feststellen können, daß ganz entsprechend der Menge der großen Tiere auch die Menge ihrer Nahrung sehr bedeutend ist. Hier aber kann von einer Erklärung durch Regenwasser oder durch Zuführung vom Lande nicht die Rede sein, denn die genannten Gegenden, z. B. die Küste von Marokko und die von Südwestafrika sind ja Gebiete, die durch ihre Regenarmut bekannt sind, so daß dem Meere von außen her nichts zufließt, weder von der Erde, noch aus der Atmosphäre. Dagegen findet im reichsten Maße die Erneuerung der Oberflächen durch das Aufquellen von Wasser aus der Tiefe statt, das sich ja, wie wir gehört haben, schon rein physikalisch durch die niedrige Temperatur an den betreffenden Küsten geltend macht.

Die Wahrscheinlichkeit, daß diese Erneuerung des Oberflächenwassers von der Tiefe her für das Plankton und seine reiche Entwicklung von Bedeutung ist, wird durch Beobachtungen erhöht, die man in gewissen Gegenden über den Zusammenhang von Planktonentwicklung und Aufquellen von Tiefenwasser machen kann. Dazu ist z. B. das Mittelmeer geeignet, ein Gebiet, in dem die dynamischen Strömungen sehr gering sind und in welchen sich daher Wasserbewegungen anderer Art, die auf Wärmeschwankungen beruhen, geltend machen. Das Mittelmeer, dem im allgemeinen sehr wenig Süßwasser zugeführt wird und

das daher seinen oberen Schichten nur einen wenig niedrigeren Salzgehalt aufweist, als in der Tiefe, wird im Sommer von intensiver Sonnenstrahlung getroffen, was zu einer starken Erwärmung der oberen Schichten führt. Im Winter kühlen sich diese Schichten besonders stark ab, sie werden daher schwerer, als die darunterliegenden und sinken infolgedessen in die Tiefe. Es entwickelt sich auf diese Weise ein sogenannter „thermischer Vertikalzirkulationsprozeß", der dazu führt, daß das Oberflächenwasser so tief sinkt, bis es auf eine Schicht stößt, die die gleiche Temperatur aufweist, welche es bei seiner Abkühlung aufgenommen hat. Es läßt sich nun beobachten, daß im Mittelmeere das Planktonleben in engster Weise mit dieser Vertikalzirkulation zusammenhängt. Sobald diese einen solchen Umfang annimmt, daß das Wasser aus größeren Tiefen an die Oberfläche gelangt, erfolgt in kurzer Zeit an der Oberfläche eine reiche Entfaltung von Phytoplankton (Fig. 32). Sobald aber die Abkühlung aufhört und die Vertikalzirkulation somit ein Ende erreicht, geht die Menge der Pflanzen außerordentlich stark zurück. Da nun die Schwankungen der Temperatur im Verlaufe eines Winters nicht regelmäßig sind, sondern oftmals Abkühlungsperioden von Erwärmungsperioden unterbrochen werden, so können wir in einem Winter unter Umständen mehrere Planktonmaxima beobachten, die jedesmal damit einsetzen, wenn eine neue Periode der Vertikalzirkulation ihren Anfang nimmt. Und jedesmal hört die Entwicklung auf, wenn diese unterbrochen wird (Fig. 33). So ist es zu verstehen, daß gerade im Sommer das Mittelmeer trotz der günstigsten Temperatur- und Lichtbedingungen außerordentlich planktonarm ist und um diese Zeit seine schöne blaue Farbe zeigt, die auf der geringen Menge der im Wasser suspendierten Körper beruht. Natürlich ist auch hier gelegentlich ein Einfluß von Süßwasser, welches vom Lande her zugeführt wird, zu erkennen, der sich dann geltend macht, wenn lange Regenperioden oder im Frühjahr die Schneeschmelze im Gebirge große Wassermassen in das Meer fließen läßt. Auch zu solchen Zeiten taucht wenigstens im Küstengebiet ein reichliches Phytoplankton auf, das aber — und das ist eine sehr interessante Erscheinung — einen wesentlich anderen Charakter aufweist, als dasjenige, welches wir in der Vertikalzirkulationsperiode finden.

Es gelingt also unter Berücksichtigung der Wassererneuerung, sich ein Bild davon zu machen, durch welche Umstände die

eigentümliche und auf den ersten Blick so sonderbar erscheinende Planktonverteilung zustande kommt. Es bleibt uns nur noch die Frage nach den Ursachen übrig, die die Wassererneuerung zu

Fig. 32. Diatomeenreiches Plankton von der Mittelmeerküste.

einem so wichtigen Faktor für das Pflanzenleben macht. Auf den ersten Blick könnten wir meinen, daß dieses Problem sich ganz einfach durch die Annahme beantworten läßt, daß die Pflanzen den Nährboden erschöpfen und deshalb für eine Zuführung frischer Wassermassen besonders empfänglich seien. Nun haben wir

aber gesehen, daß weder die Überlegung, noch die Beobachtung einen Anhaltspunkt dafür gibt, daß die Pflanzen die ihnen gebotene Nahrung völlig aufbrauchen, denn der stete Kampf, in

Fig. 33. Tierreiches, pflanzenarmes Plankton von der Mittelmeerküste.

welchem sie mit den Tieren des Wassers stehen, bedingt es, daß sie sich nur dann erhalten können, wenn die Geschwindigkeit ihrer Fortpflanzung einen bestimmten Wert erreicht. Sinkt

diese unter ein gewisses Maß, so werden sie schließlich von den Tieren völlig vernichtet. Aber eben die Betrachtung der Geschwindigkeit gibt uns die Möglichkeit, die tatsächlichen Verhältnisse auch richtig zu verstehen. Auch lange bevor eine Erschöpfung der Nahrung eintritt, werden Organismen, die einige Zeit hindurch in der gleichen Wassermasse gelebt haben, in ihren Lebensfunktionen beeinträchtigt und zwar durch ihre eigenen Stoffwechselprodukte. Es ist eine allgemeine Erfahrung, namentlich auf den verschiedenen Gebieten der Mikrobiologie, daß diejenigen Stoffe, die ein Organismus selbst erzeugt und in seine Umgebung ausscheidet, auf ihn im höchsten Maße schädigend einwirken und ihm oft das Leben unmöglich machen, wenn Nährstoffe noch reichlich vorhanden sind und Organismen anderer Art sie noch gut verwerten können. Diese Schädlichkeit der eigenen Stoffwechselprodukte erkennen wir hier im Plankton wieder. Sobald die Pflanzen längere Zeit eine bestimmte Wassermasse bewohnt haben, ohne daß eine Erneuerung eingetreten ist, werden sie schwächer und schwächer, die Geschwindigkeit ihrer Fortpflanzung wird immer geringer, bis sie schließlich von den Tieren überwältigt werden und infolgedessen so gut wie völlig aus dem Plankton verschwinden. Das erklärt uns die rasche Veränderung des Planktons, die eintritt, sobald die vertikalen Wasserbewegungen ihr Ende erreicht haben und den Pflanzen nicht mehr ein ständig wechselndes Medium zur Verfügung steht.

So sehen wir denn die kleinen mikroskopischen Algen der Meeresoberfläche in stetem Kampfe leben. Nicht nur mit den physikalischen Verhältnissen der Umgebung, die durch die Wirkungen der Strömungen sie vom Orte ihrer Entstehung davontragen und in Regionen bringen, die ihnen ungünstig sind und schließlich ihren Untergang herbeiführen; sondern auch im Kampfe mit den Tieren, die in ihrer Ernährung auf die Pflanzen angewiesen sind und infolge der steten Vernichtung dieselben nur da aufkommen lassen, wo ihnen eine intensive Neubildung möglich ist.

V. Kapitel.

Die Organisation der Meerestiere und ihre Lebensweise.

Wir haben gesehen, daß das gesamte Pflanzenleben durch den Gegensatz zwischen Pflanze und Tier beeinflußt wird, den Gegensatz, der die Pflanze zum Produzenten organischer Substanz, das Tier zum Konsumenten macht und auf diese Weise eine ungestörte und gleichmäßige Entwicklung der Pflanzen verhindert. Ebenso wie die gesamten biologischen Verhältnisse des Meeres wird nun auch der Unterschied im Körperbau zwischen Pflanzen und Tieren durch den besprochenen physiologischen Gegensatz bedingt und wir können davon ausgehend wenigstens das Prinzip der großen Mannigfaltigkeit, die sich uns hier darbietet, erfassen.

In einem früheren Abschnitt haben wir gesehen, in welcher Weise die Organisation der Pflanze durch die Art ihrer Ernährung beeinflußt wird. Sie nimmt ihre Nahrung gelöst oder in gasförmiger Gestalt aus der Umgebung auf, sie verarbeitet sie mit Hilfe der Energie des Lichtes und diese beiden Funktionen erfordern eine große Entwicklung der Oberfläche. So sehen wir denn, wie der Pflanzenkörper Blätter ausbildet, die, um sich gegenseitig nicht zu stören, in geeigneter Weise am Stamme verteilt sind. Wir sehen ferner, wie diese Blätter im Raume so untergebracht werden müssen, daß wirklich Nahrung und Licht zu ihnen gelangt, und wie die Pflanze zu diesem Zwecke einen Ort aussucht, der ihren Ansprüchen günstig ist: an diesem befestigt sie sich mit Hilfe ihrer Wurzeln.

Aus diesem Grunde können wir verstehen, warum den höheren Pflanzen die freie Ortsbewegung abhanden gekommen ist. Wir müssen ausdrücklich betonen, daß sie sie verloren haben, denn Bewegungsvermögen ist eine Grundeigenschaft der lebenden Substanz, und wir haben ja von manchen niederen Pflanzen die auf dem Meeresgrunde und in den Wasserschichten der Oberfläche leben, ausdrücklich gehört, daß sie imstande sind, Bewegungen auszuführen.

Ganz im Gegensatz dazu hat sich das Bewegungsvermögen bei den Tieren außerordentlich stark entwickelt, denn sie nehmen nicht flüssige, in der Umgebung gelöste Nahrung zu sich, sondern

feste Pflanzen- oder Tiersubstanz, und so sind sie natürlich viel besser daran, wenn sie nicht zu warten brauchen, bis die ihnen zusagende Nahrung in ihre Nähe gelangt, sondern wenn sie imstande sind, sie aufzusuchen oder ihr nachzujagen. Dazu gehört aber außer dem Bewegungsvermögen noch etwas anderes: ein gut ausgebildetes System von Sinnesorganen, die ihrem Träger die Nähe der erwünschten Beute bemerklich machen, und ihn instand setzen, seine Bewegungen den Bewegungen der Beute entsprechend zu lenken. Und so sehen wir denn, wie sich bei den Tieren im Verlaufe der Entwicklung aus niederen zu höheren Formen das Nervensystem herausgebildet hat, welches ein Zentralorgan darstellt, in welchem die Nerven aller Sinnesorgane zusammenlaufen und von welchem alle Bewegungsantriebe ausgehen. Dieser Besitz eines Nervensystems ist auch kein fundamentaler Unterschied zwischen Tier und Pflanze. Auch die Pflanzen haben Sinne, auch sie vermögen z. B. auf das Licht, das sie trifft, zu reagieren, sie können ihren ganzen Körper und ihre einzelnen Organe in eine Richtung bringen, die zu der Richtung der einfallenden Strahlen in einem bestimmten und günstigen Verhältnis stehen. Was aber den Pflanzen fehlt, das ist die Zentralisation, die Konzentrierung der gesamten Eindrücke und Bewegungsantriebe in einem Organ, die natürlich eine viel höhere Komplikation der gesamten Bewegungserscheinungen zuläßt. Wir haben gesehen, daß diese Zentralisation in letzter Instanz durch die Art der Ernährung bedingt wird, durch die größere Schwierigkeit, mit welcher für die Tiere die Erlangung der Nahrung verbunden ist.

Mit der Art der Ernährung hängt endlich auch der Körperbau zusammen. Die Pflanzen brauchen für ihre Ernährungsorgane flächenförmige Ausbildung, weil damit die Aufnahme von gelösten Stoffen und die Ausnützung des Lichts erleichtert ist. Das Tier aber bedarf der Hohlräume, in welche es die erbeuteten Nahrungsteile gelangen läßt und in den Zustand überführt, in welchem es sie in seinen Körper aufsaugen kann. Darum sehen wir schon bei den niedersten Tieren die Ausbildung eines primitiven Magens erfolgen, eines in der Mitte des gesamten Körpers befindlichen Hohlraumes, welche durch eine Öffnung, den Mund, mit der Außenwelt in Verbindung steht. In diesen Hohlraum hinein werden von den anstoßenden Geweben Substanzen ausgeschieden, die auf die Nahrung lösend einwirken.

Im Laufe der Entwicklungsreihe nimmt dieses primitive Verdauungsorgan immer kompliziertere Gestalt an, es bildet sich zum Darmtraktus aus. Es findet also die Verarbeitung nicht mehr ausschließlich an einer einzigen Stelle statt, sondern das Organ gliedert sich allmählich in Teile, die die Zerkleinerung, in solche, die die Verdauung der Nahrung zu bewirken haben, und schließlich in solche, in welchen die Resorption, die Auffaugung der Verdauungsprodukte in den Körper, stattfindet. Zu diesen einzelnen Teilen des Darmtraktus gesellen sich nun seitliche Organe, die Drüsen, die Exkrete ausscheiden und in den Darmtraktus zur Erleichterung der Nahrungsverwertung gelangen lassen. So sehen wir denn, daß im Gegensatz zur Oberflächenentwicklung der Pflanze die Hohlräume im tierischen Körper eine um so reichere Gliederung aufweisen, je höher der betreffende Organismus differenziert ist. Es erscheint also die Kluft, die auf den ersten Blick Tiere und Pflanzen zu trennen scheint, überbrückbar durch die Betrachtung der niedersten Formen, und verständlich durch Berücksichtigung der Ernährungsweise. Von diesem Gesichtspunkte aus erscheint uns die zu immer größerer Kompliziertheit aufsteigende Tierreihe verständlich; wir erkennen an ihr die unablässig fortschreitende Ausbildung der in letzter Linie auf den Nahrungserwerb gerichteten Funktionen.

Es ist nun nicht unsere Aufgabe, eine Beschreibung dieser Organisationen zu geben, über die in Lehrbüchern der Zoologie Aufschluß gesucht werden muß. Uns interessiert hier wesentlich die Lebensweise der verschiedenen Tiere im Meere, und diejenigen Eigentümlichkeiten ihres Baues, die damit in Zusammenhang stehen. Bei einem Teil der Meerestiere ist diese Lebensweise äußerlich nicht so sehr von den Pflanzen verschieden. Im sogenannten Plankton finden sich, wie wir gesehen haben, zum Beispiel viele niedrig organisierte Tiere, sogenannte Urtiere, deren Körper nur aus einer einzigen Zelle besteht. Dazu gehören Formen, die wir schon kennen gelernt haben, als wir von der Bildung der Bodenablagerungen sprachen: die Strahlentierchen oder Radiolarien mit ihrem inneren Kieselskelett und die Foraminiferen mit ihrer Kalkschale. Wenn auch diese Tiere zum Teil Eigenbewegung haben, so können sie damit doch nicht gegen die Bewegungen des Wassers aufkommen und werden zusammen mit den Pflanzen des Planktons willenlos umhergetrieben. In ihrer Ernährung unterscheiden sie sich freilich von den Pflanzen von Grund aus: während

diese in der öfters erörterten Weise die organischen Substanzen aus Kohlensäure herstellen, sind die Urtiere wie jedes andere tierische Wesen darauf angewiesen, sich direkt oder indirekt auf Kosten der Pflanzen zu ernähren und die organischen Substanzen gelöst oder in fester Form von außen aufzunehmen.

Wir finden aber im Plankton, wie schon die Figuren 32 und 33 gelehrt haben, zahlreiche höher organisierte Tiere, namentlich viel Krebse, die entsprechend ihrer bedeutenderen Größe und höheren Organisation bessere Schwimmer sind, unter Umständen auch unabhängig von den Strömungen und Bewegungen des Wassers Wanderungen ausführen, und sich zu Schwärmen zusammenrotten können, und von diesen mittelgroßen Tieren des Planktons führt eine ununterbrochene Stufenleiter zu den großen Wassertieren, die in ihrer Bewegungsfreiheit in keiner Weise durch die Strömungen beeinträchtigt werden, sondern ebensogut mit dem Strom als gegen ihn Wanderungen auszuführen vermögen, die, wie wir im folgenden Kapitel sehen werden, sich auf ganz bedeutende Entfernungen erstrecken können.

Ehe wir aber von diesen frei das Wasser durchkreuzenden Tieren sprechen, wollen wir eine biologische Gruppe ins Auge fassen, die sich in anderer Weise als die schwebenden Urtiere des Planktons der Lebensweise der Pflanzen nähert: solche Tiere nämlich, die, auf freie Bewegung verzichtend, sich auf dem Boden festsetzen.

Die alte Naturgeschichte sprach bekanntlich von einer Organismengruppe, die sie als Pflanzentiere bezeichnete, vor allem deswegen, weil diese Geschöpfe genau wie die Pflanzen auf dem Boden festgewachsen sind. Wir wissen heute, daß diese Organismen, zu denen Schwämme, Polypen und Seeanemonen gehören, gut differenzierte Tiere darstellen, und daß der Unterschied zwischen freibeweglicher und festsitzender Lebensweise kein fundamentaler ist. Diese Tiere können einzeln leben, wie die Seeanemonen, deren Körper zum größten Teile aus einem Magen besteht, der mit einem Mund und einer Anzahl ihn umgebenden Fangarmen ausgestattet ist. Die Fangarme sind äußerst empfindlich gegen Berührungen, sie erhaschen die Nahrung, die sich an ihnen vorüberwegt und befördern sie durch den Mund in die Höhle, in welcher sie verdaut wird; sie sind ferner mit eigentümlichen Organen, den Nesselkapseln, versehen, aus denen sie bei Annäherung eines anderen Tieres Fäden hervorschnellen lassen,

die Beute verwunden und mittels eines Giftes betäuben. Die Tiere dieser Gruppe können aber auch in Kolonien zusammen leben, die aus einer großen Menge von Einzeltieren, durch ein Skelett zusammengehalten, bestehen. Solche Kolonien haben wir z. B. in Polypenstöcken vor uns, die genau so wachsen wie eine

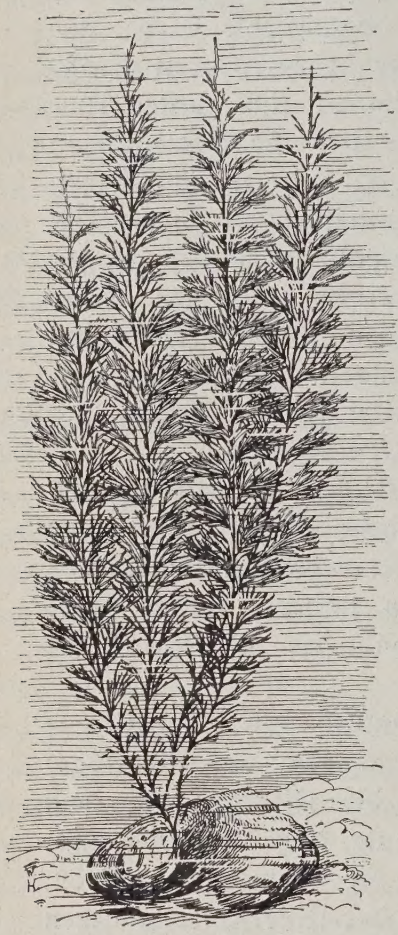


Fig. 34. Polypenstock.
(Nach Schmeil.)

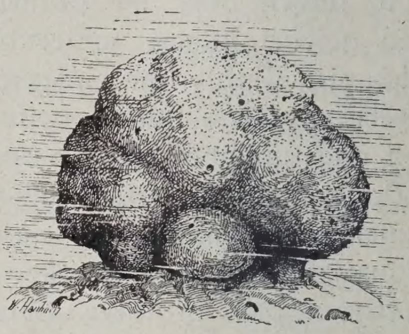


Fig. 35. Badeschwamm.
(Nach Schmeil.)

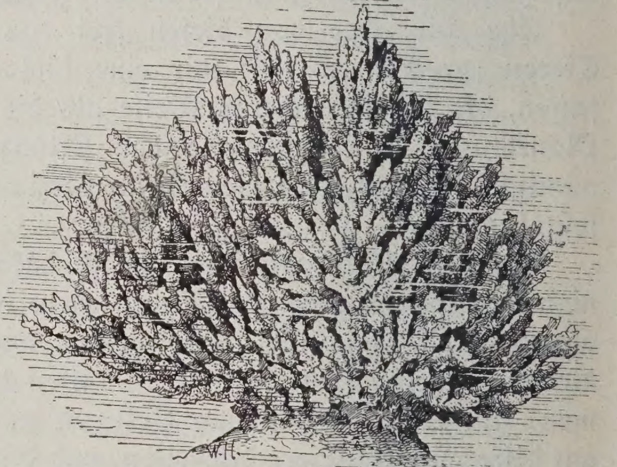
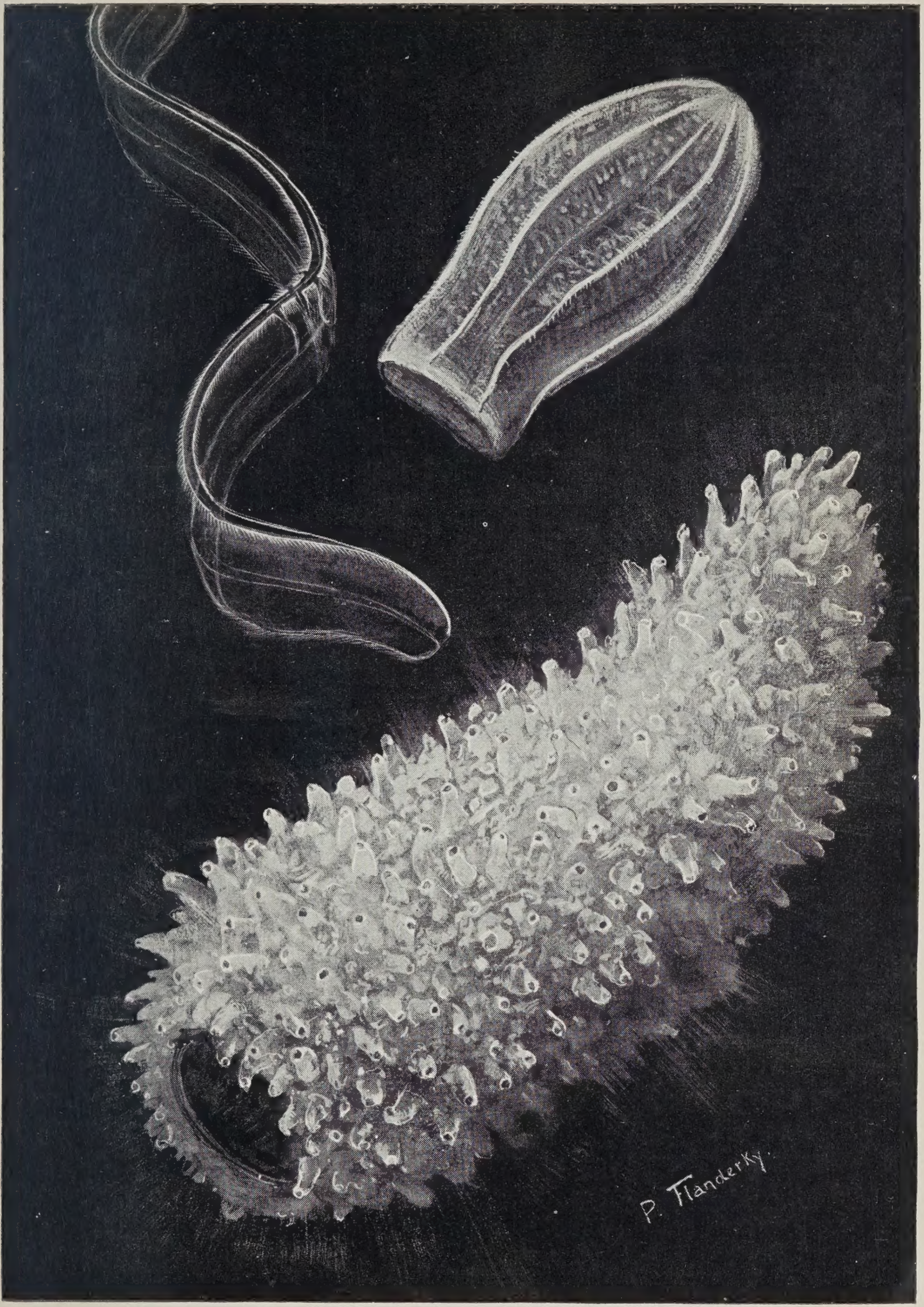


Fig. 36. Steinkoralle.
(Nach Schmeil.)

höhere Pflanze. Jeder Polyp kann durch Sprossung neue Tiere bilden; zwischen ihnen wird ein Stück des Skeletts eingeschoben und es entsteht dadurch ein verzweigtes Gebilde, das in seinem Aufbau die größte Ähnlichkeit mit einem Pflanzenkörper hat. Diese festsitzenden Tiere haben, wie wir ja schon hörten, in der Geschichte der Meeresforschung eine nicht unbedeutende Rolle gespielt, indem ihr Vorhandensein auf einem Kabel, das lange



Leuchtende Meerestiere.

a = Der Feuerleib (Pyrosoma). b = Der Venusgürtel (Cestus veneris). c = Mützenqualle (Beroë).

Zeit in der Tiefsee gelegen hatte, den unzweideutigen Nachweis der Existenz einer Tiefseefauna bildete. Auch die Korallen sind solche stockbildende Polypen, sie können bekanntlich durch ihre Bautätigkeit zur Bildung von Inselgruppen führen (Fig. 36 u. 37).

Diese festgewachsenen Tiere sind aber nicht die einzigen Bewohner des Seebodens, der außerdem noch von einer anderen

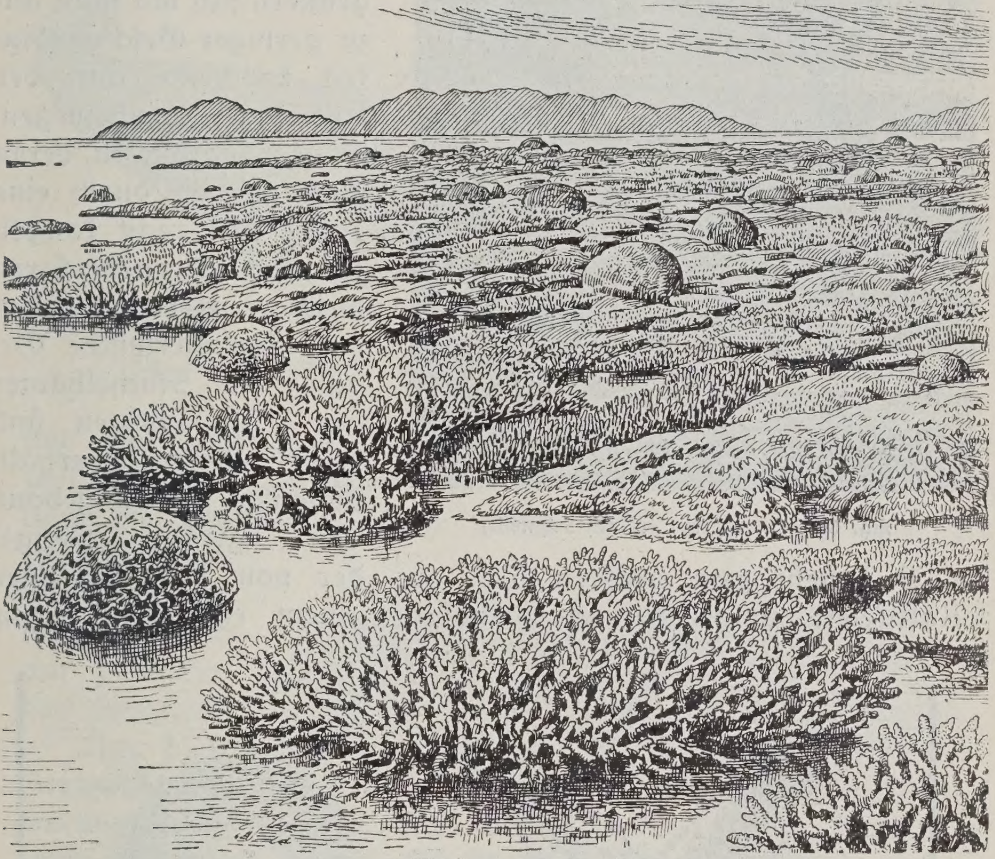


Fig. 37. Korallenriff. (Nach Schmeil.)

biologischen Gruppe von Organismen bevölkert ist, die zwar nicht festgewachsen, aber doch ebenso fest auf den Meeresgrund gebannt sind: den kriechenden Bodentieren. Dazu gehören z. B. die Stachelhäuter, von denen die Seesterne und Seeigel jedem Besucher des Strandes bekannt sind. Diese Tiere haben Bewegungsorgane, sogar eine ungeheure Anzahl, die aus kleinen Saugfüßchen bestehen. Das Tier kann diese Saugfüßchen lang ausstrecken und an einer bestimmten Stelle der Unterlage festheften; läßt es dann auf der entgegengesetzten Seite los und ver=

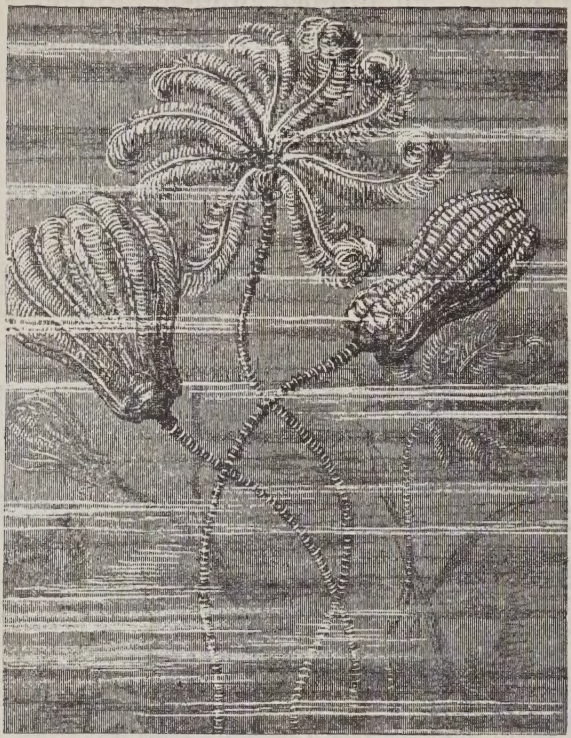


Fig. 38. Haarsterne. (Nach Schmeil.)

kürzt dann wieder die angehefteten Saugfüßchen, so wird der Körper nach der betreffenden Richtung gezogen. So kann ein Seestern oder ein Schlangenstern sich mit nicht allzu geringer Geschwindigkeit kriechend auf der Unterlage hinbewegen. Diese Saugfüßchen, deren Bewegungen durch eine Reihe von recht komplizierten Nervenreflexen dirigiert werden, stellen das charakteristische Organ der Stachelhäuter dar. Im übrigen sind diese Tiere noch verhältnismäßig einfach gebaut. Ein großer Seeigel z. B. besteht zum größten Teil aus der von dem kugeligen Kalkskelett umgebenen Leibeshöhle, einem einfachen Darm,

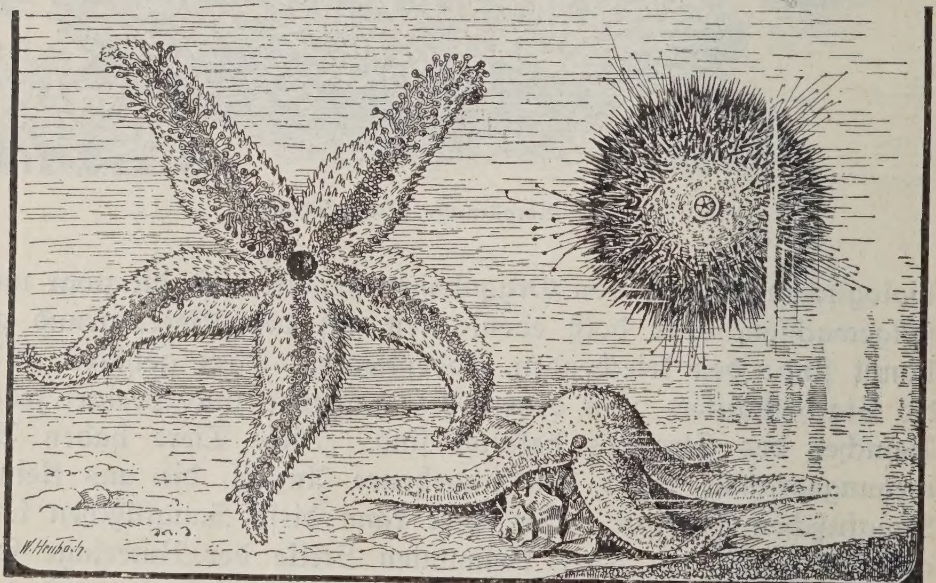


Fig. 39. Stachelhäuter. (Nach Schmeil.)

zu welchem durch die Mundöffnung ein Zugang führt und in dem die aufgenommenen Stoffe verdaut und absorbiert werden. Einigermaßen kompliziert ist das eigentümliche Gebiß, das dieses Tier im Munde hat, das schon Aristoteles bekannt war

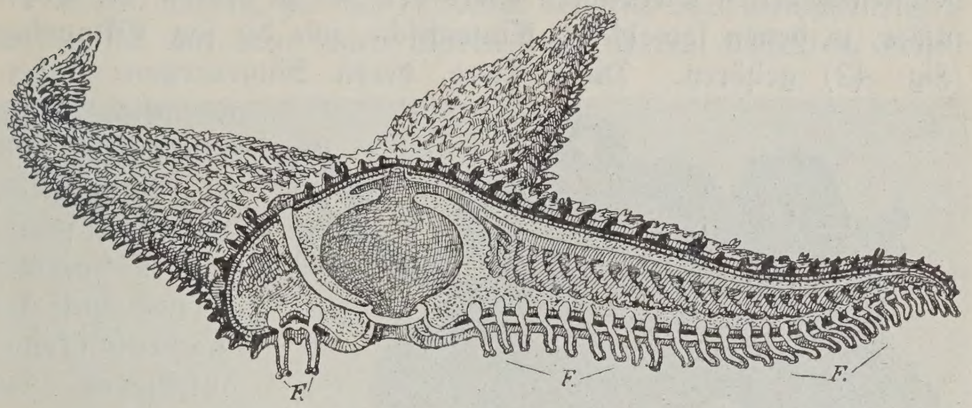


Fig. 40. Bewegung des Seesterns. (Nach Schmeil.) F Saugfüßchen.

und noch heute nach ihm als die Laterne des Aristoteles bezeichnet wird. Verwandt mit den Seesternen und Seeigeln sind auch die Seewalzen, deren größte Zahl sich ebenso wie die anderen genannten Formen kriechend auf dem Boden bewegen.

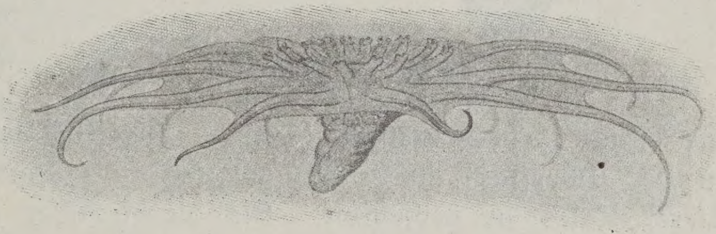


Fig. 41. Pelagothuria. (Nach Chun.)

Aber diese Seewalzen bieten uns gleichzeitig ein interessantes Beispiel dafür, daß Tiere mit kriechender Bewegungsform und solche, die zur Schwimmbewegung befähigt sind, also zu einer Bewegungsform, die größere Anforderungen an die Arbeit der Lokomotions- und der Sinnesorgane stellt, die aber gleichzeitig ihnen auch viel weitergehendere Existenzmöglichkeiten eröffnet, innerhalb einer Gruppe vorkommen können. Denn von diesen Seewalzen, von denen man bis vor kurzem nur bodenbewohnende Arten kannte, wurde auf der deutschen Tiefseeexpedition eine lebhaft schwimmende Art erbeutet, die bis auf die Bewegungsorgane mit ihren anderen Verwandten im Bau völlig über-

einstimmt (Fig. 41). Und so können wir denn in den verschiedensten Familien neben kriechenden auch schwimmende Formen antreffen, ja, viele Tiere sind zu beiden der genannten Bewegungsarten befähigt. Wir brauchen bloß an einige der höchstentwickelten wirbellosen Tiere der See zu denken, die Kopffüßler, zu denen sowohl die Tintenfische, wie die sog. Oktopoden (Fig. 42) gehören. Diese Tiere, deren Sinnesorgane außerordentlich gut entwickelt sind, die komplizierte Augen mit scharfem Sehvermögen und auch eine hochentwickelte Intelligenz besitzen, tragen an ihrem Kopfe eine Anzahl acht bis zehn, kräftige, bewegliche Arme, die mit Saugnäpfen ausgestattet sind und zur Ergreifung der Beutetiere dienen. Die Saugnäpfe heften sich an der Oberfläche ihres Opfers fest und ermöglichen es dem Tiere, dieses zu verzehren. Sie dienen aber gleichzeitig auch als Bewegungsorgane: indem das Tier die Fangarme beliebig verlängert und verkürzt, ausstreckt und aufrollt und an den einen Stellen die Saugnäpfe losläßt, an den anderen sich mit ihrer Hilfe festsaugt, vermag es sich auf der Unterlage gewandt hinzubewegen. Wird es aber aufgescheucht, schwimmt es, und zwar unter Benutzung eines ganz anderen Organs: mit Hilfe eines Trichters nämlich, durch welchen es Wasser ausstößt, das es an einer anderen Stelle des Körpers, des sogenannten Mantels, wieder aufnimmt. Dadurch erhält es einen Rückstoß und vermag flink das Wasser zu durchschwimmen. (Fig. 43.)

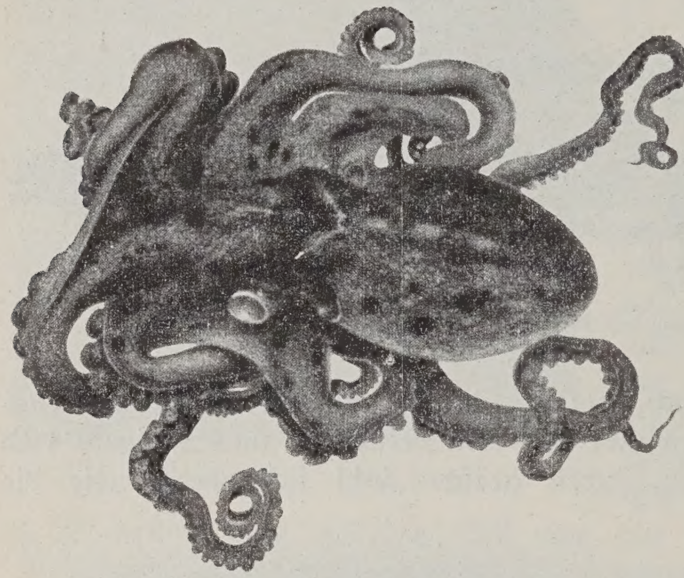


Fig. 42. Octopus.

Bei manchen anderen Tieren können wir sogar sehen, daß sie, obwohl unter gewöhnlichen Bedingungen auf dem Boden festgeheftet, doch unter Umständen zu schwimmen vermögen. Ein

Beispiel dafür sind gewisse Muscheln, die sich durch ausgeschiedene Fäden, die anfangs kleberig sind und dann fest werden, auf dem Boden festheften, die aber, wenn sie gestört werden, diese Fäden zerreißen und sich schwimmend durch das Wasser bewegen, indem sie die Schalen auf- und zuklappen.

Diesen Tieren, die nun entweder dauernd oder wenigstens zeitweilig sich auf dem festen Boden des Meeres aufhalten, stehen

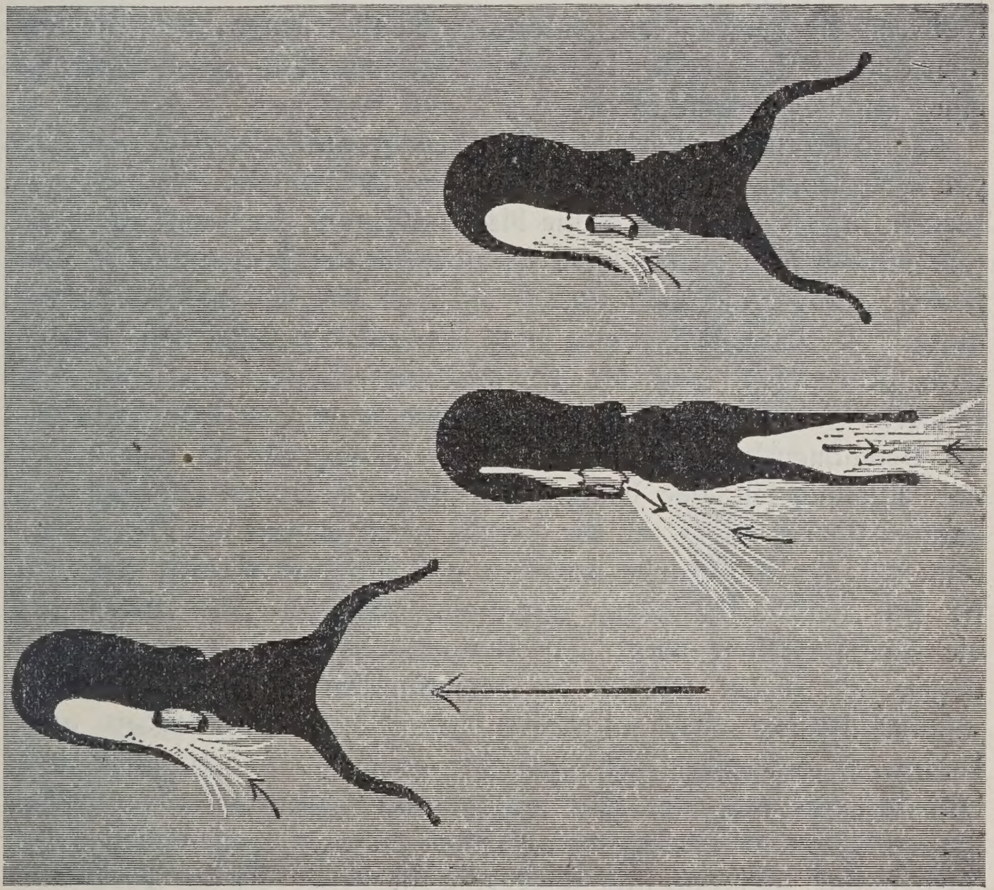


Fig. 43. Schwimmbewegung bei Kopffüßern.

nun solche gegenüber, die zeitlebens im Wasser schwimmen und eine Lebensweise führen, die wir als p e l a g i s c h zu bezeichnen pflegen. Wir haben ja schon oben am Beispiel der Seewalzen gesehen, daß derartige pelagische Organismen unter Umständen sehr nahe verwandt sein können mit solchen, die sich niemals vom Boden erheben. Wir könnten dafür ebensogut auch die Kopffüßler nennen, in deren Familie es auch Formen gibt, die, ohne

jemals den Boden zu berühren, zeitlebens schwimmend das Wasser durchkreuzen. Die Verwandtschaft mit den kriechenden Formen drückt sich darin aus, daß der anatomische Bau in beiden Gruppen wesentlich übereinstimmt. Aber in Einzelheiten können wir typische Abweichungen erkennen, die aufs engste mit der Lebensweise der betreffenden Tiere zusammenhängen; so sehen wir zum Beispiel, daß die Bodenformen auf einer Seite flach sind, so daß sie sich fest an die Unterlage andrücken können, während die verwandten pelagischen Tiere einen runden Körperquerschnitt haben, weil für sie keine Veranlassung zur Ausbildung einer Fläche vorhanden ist.

Noch in einer anderen Hinsicht besteht ein Unterschied zwischen den Bodenformen und ihren pelagischen Verwandten. Die Bodenformen haben meist eine graue bis graubraune Färbung, die ihnen sehr nützlich ist, weil sie ihnen erlaubt, sich auf dem Boden zu verstecken: platt angedrückt sind sie infolge der gleichmäßigen Färbung von ihrer Umgebung nicht zu unterscheiden; wir können auch beobachten, daß die verschiedenen Tierformen eine verschiedene Farbe aufweisen, je nach dem Grund, auf dem sie leben: die Bewohner des Schlammes pflegen eine graue, die der Tang- und Algenwiesen eine braune bis grüne Farbe aufzuweisen und manche Tiere, wie z. B. die bereits oben genannten Oktopoden, können sogar ihre Farbe wechseln und sich dem Grund, auf dem sie sich gerade befinden, anpassen. Sie tun das, indem sie die Farbstoffzellen oder „Chromatophoren", die in ihrer Haut liegen und ihrem Körper die eigentümliche Färbung verleihen, zusammenziehen oder mit Hilfe besonderer Muskelfäden ausdehnen. Je nachdem, ob das eine oder das andere stattfindet, tritt die Färbung der Chromatophoren schwächer oder stärker hervor. Von den pelagischen Formen dagegen weisen viele keine Farben auf, sondern sind wiederum in bester Weise ihrer Umgebung angepaßt: sie sind glashell durchsichtig, und das ist die Eigenschaft, die sie am besten vor ihren Verfolgern schützt. Im durchsichtigen Wasser würden sie am leichtesten entdeckt werden, wenn sie undurchsichtig wären oder irgendeine Färbung aufwiesen. So aber sind sie für die ihnen nachstellenden Tiere vom Wasser nicht zu unterscheiden. Oft kann man, auch wenn die Tiere ziemlich groß sind, vollständig durch sie hindurchsehen und besonders schön findet man diese Eigenschaft ausgebildet bei einer Gruppe von Organismen, die sich in ganz hervorragender

Weise an das Leben im Meere angepaßt hat: bei der Gruppe der Quallen oder Medusen, von denen es eine ganze Anzahl verschiedener Familien gibt (s. Tafel I). Da haben wir z. B. Formen, die glocken- oder schirmförmig sind, andere haben langgestreckte Eiform, wieder andere sind flach, wie der schöne Venusgürtel. Wieder andere leben in Kolonien, die aus einer großen Anzahl von Individuen zusammengesetzt sind, welchen verschiedene Funktionen zufallen. Die einen besorgen die Ernährung, die anderen die Bewegung, während wieder anderen die Funktion der Feotpflanzung zufällt. So leben diese Kolonien, deren einzelne Individuen sich verhalten wie die Organe eines höheren Tieres, im Wasser schwimmend und sind trotz aller Komplikation durch ihre Durchsichtigkeit in bester Weise gegen die Verfolgungen ihrer Feinde geschützt.

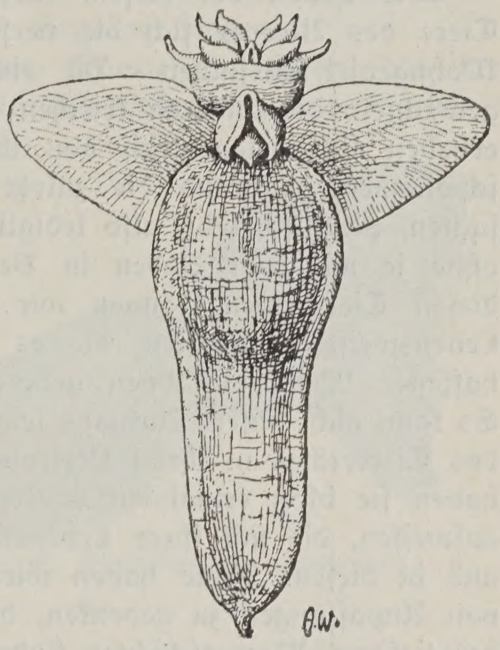


Fig. 44. Clio.

Auch unter den Schnecken gibt es solche durchsichtigen pelagischen Formen, die sich ganz genau wie unsere Landschnecken eine Schale zum Schutz bauen, aber nicht auf der Unterlage kriechend sich bewegen, sondern mit Hilfe zweier ruderartiger Organe durch das Wasser schwimmen. Eine solche Tierart, Clio borealis L., kommt in außerordentlichen Mengen, namentlich in den nordischen Gewässern, vor und ist deshalb von ganz besonderem Interesse, weil es fast die ausschließliche Nahrung gewisser Walfischarten ist. Da seine Größe nur wenige Zentimeter beträgt, kann man sich vorstellen, welch ungeheuere Menge von Individuen ein Walfisch verzehren muß, um davon zu leben.

Äußerst charakteristische Vertreter der pelagischen Lebensweise sind ferner gewisse Krebse, die wir bereits in dem vorigen Kapitel als die wesentlichen Vertilger des Pflanzenplanktons kennen gelernt haben und die dadurch eine wichtige Rolle im Haushalte

des Meeres spielen. Sie sind es, die sehr vielen Fischen, z. B. den Heringen, als hauptsächlichste Nahrung dienen und das wird dadurch ermöglicht, daß auch sie in ungeheuer großen Schwärmen leben, denen die Heringe folgen, um sich ihrer als Nahrung zu bedienen. Auf Fig. 33 sind diese Tiere schön zu sehen.

Wir haben bei diesem kurzen Überblick gesehen, daß die Tiere des Meeres sich die verschiedensten Teile desselben als Wohngebiet aussuchen. Die einen sind auf dem Boden festgewachsen, die anderen kriechen auf ihm umher, wieder andere erheben sich gelegentlich von ihm, um durch das Wasser zu schwimmen, während die zuletzt betrachtete Gruppe, wie wir sagten, pelagisch lebt, also lediglich durch das Wasser schwimmt, ohne je mit dem Boden in Berührung zu kommen. Bei all diesen Tierformen können wir spezielle Anpassungen an die Lebensweise beobachten, die es ihnen ermöglichen, in vorteilhaftester Weise die ihnen gebotenen Bedingungen auszunutzen. Es kann nicht unsere Aufgabe sein, all die verschiedenen Gruppen des Tierreiches in ihren Vertretern einzeln zu besprechen. Wir haben sie bloß erwähnen wollen, soweit sie Eigentümlichkeiten aufweisen, die mit ihrer Lebensweise im Zusammenhang stehen und in diesem Sinne haben wir vorzüglich noch einer Gruppe von Anpassungen zu gedenken, die sich speziell bei den Formen der tieferen Meeresschichten finden.

Im einleitenden Kapitel haben wir bereits gesehen, daß diese Wassermassen dadurch ausgezeichnet sind, daß das Licht in sie nicht einzudringen vermag, so daß von einer gewissen Tiefe an im Meere absolute Dunkelheit herrscht. Wir wissen bereits, in welch tiefgreifender Weise die Ernährung der Tiere dadurch beeinflußt wird, da, wie ganz ausführlich dargelegt wurde, die Ernährung der gesamten Organismenwelt von der durch die Pflanzen im Lichte ausgeübten Assimilationsfunktion abhängt. Die Tiere im Meere sind hinsichtlich ihrer Nahrung auf das angewiesen, was in den obersten, vom Lichte getroffenen Wasserschichten an organischer Substanz erzeugt wird, und wenn es auch unterhalb dieser Region tierisches Leben gibt, so ist das nur dadurch möglich, daß organische aus den obersten Schichten in die Tiefe hinabfällt, um den dort lebenden Tieren als Nahrung zu dienen. Aus diesen Verhältnissen folgt zweierlei: erstens, daß die Nahrung in der Tiefe sehr spärlich sein muß,

und zwar um so spärlicher, je tiefer das Wasser, zweitens aber, daß infolge des Lichtmangels den Tieren das Erbeuten der wenigen vorhandenen Nahrung außerordentlich erschwert ist. Dieser Umstand hat zur Folge, daß sich in der Tiefsee besondere Anpassungen an die geringe vorhandene Nahrungsmenge und die Schwierigkeit ihrer Erbeutung ausgebildet haben, unter deren Einfluß fast alle höheren Tiefseetiere ein ganz eigentümliches und charakteristisches Gepräge tragen.

Wie vielfach in der Natur, können wir sehen, daß der gleiche Zweck, in diesem Falle die Erbeutung der spärlichen Nahrung, auf verschiedenen Wegen erreicht wird. Bei manchen Tieren findet dies durch außerordentliche Vergrößerung der Mundwerkzeuge statt, die die Nahrungsaufnahme zu besorgen haben, und es ist interessant, zu sehen, wie in den verschiedenen Tiergruppen diese Vergrößerung in einer dem gesamten Bau entsprechenden Weise stattfindet. So sehen wir z. B., daß bei gewissen Tiefseekopffüßern der Fangarmapparat eine eigentümliche Umbildung erfährt (Fig. 45). Bei den gewöhnlichen Formen besteht er aus einer Anzahl getrennter Fangarme, die zum Ergreifen der Nahrung bestimmt sind (vgl. Fig. 42); bei gewissen Tiefseeformen aber verwachsen diese Fangarme miteinander und bilden so einen, im Verhältnis zur Gesamtgröße des Tieres ganz außerordentlich großen Trichter, der direkt zur Mundöffnung führt; und so schwimmt das Tier mit dem Trichter voran durch das Wasser, so daß alles, was in den Bereich dieses Organs kommt, ganz von selbst dem Munde als Nahrung zugeführt wird.

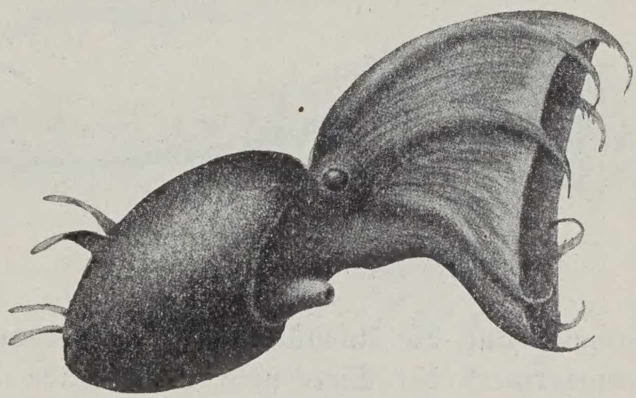


Fig. 45. Tiefseekopffüßer. (Nach Chun.)

In ganz entsprechender Weise findet nun die Vergrößerung des Mundes bei den Tiefseefischen statt. Zunächst können wir fast stets beobachten, daß die Mundöffnung der ganzen Länge des Kopfes entspricht, und dann sehen wir auch diesen Kopf im Verhältnis zur Gesamtgröße des Tieres immer größer werden,

bis wir schließlich zu monströsen Formen gelangen, bei denen der Kopf weitaus den größten Teil des Körpers einnimmt, bei denen er in eine ungeheure Mundöffnung ausläuft, die von dem klappenförmigen Unterkiefer geschlossen wird (Fig. 46). So erkennen wir denn, in dieser bei den Fischen ebensogut wie bei den Kopffüßern stattfindenden Vergrößerung der Mundwerkzeuge die beste Anpassung an den in der Umgebung herrschenden Nahrungsmangel.

Bei anderen Formen wird aber diese Erwerbung nicht durch einfache Vergrößerung des Aufnahmeorgans erleichtert, sondern in anderer Weise: nämlich durch Verfeinerung der Sinne. Schon oben hatten wir Gelegenheit zu betonen, in welch engem Zusammenhang die Ausbildung von Sinnesorganen mit dem Nahrungserwerb der Tiere steht und gerade hier, bei den Tieren der Tiefsee, können wir häufig diesen Zusammenhang besonders schön erkennen, indem der gesteigerten Schwierigkeit der Ernährung eine außerordentlich stark erhöhte Leistungsfähigkeit der Sinnesorgane entspricht. Wir können das sehr deutlich an gewissen Bodenkrebsen der Tiefsee beobachten, die in ihrem Bau auf den ersten Blick eine außerordentlich starke Abweichung von dem normalen Typus ihrer Verwandten erkennen lassen. Der Körper ist meist klein im Verhältnis zu den außerordentlich stark ausgebildeten Fühlern, die seine Länge um ein mehrfaches übertreffen, ebenso wie die Beine, die sich teilweise durch ihre ungewöhnliche Größe auszeichnen (Fig. 47). Dieser äußere Bau lehrt uns schon, daß das Tier sich durch einen hervorragend entwickelten Tastsinn auszeichnen muß, und das können wir sehr gut verstehen: es lebt ja in tiefster Dunkelheit, in einer Region, in welche kein Lichtstrahl hinabgelangt und hat infolgedessen auch keine Augen.

Fig. 46. Tiefseefisch. (Nach Chun.)

Um so mehr muß es uns überraschen, und überraschte es auch die Forscher, die die betreffenden Beobachtungen machten, daß es gerade z. B. unter den Krebsen auch Tiefseeformen gibt, die sich im Gegensatz zu den eben genannten durch ganz be-

sonders starke Ausbildung ihrer Augen auszeichnen. Man sollte doch meinen, daß in der Umgebung, in der sie leben, bei dem Mangel jeden Lichtstrahls die Augen ein höchst überflüssiges Organ sind, und doch häuften sich Beobachtungen dieser Art immer mehr und mehr, lenkten die Aufmerksamkeit der Tiefseeforscher auf sich, bis schließlich die Frage ihre Lösung fand durch die interessanten Beobachtungen, von denen wir jetzt sprechen wollen.

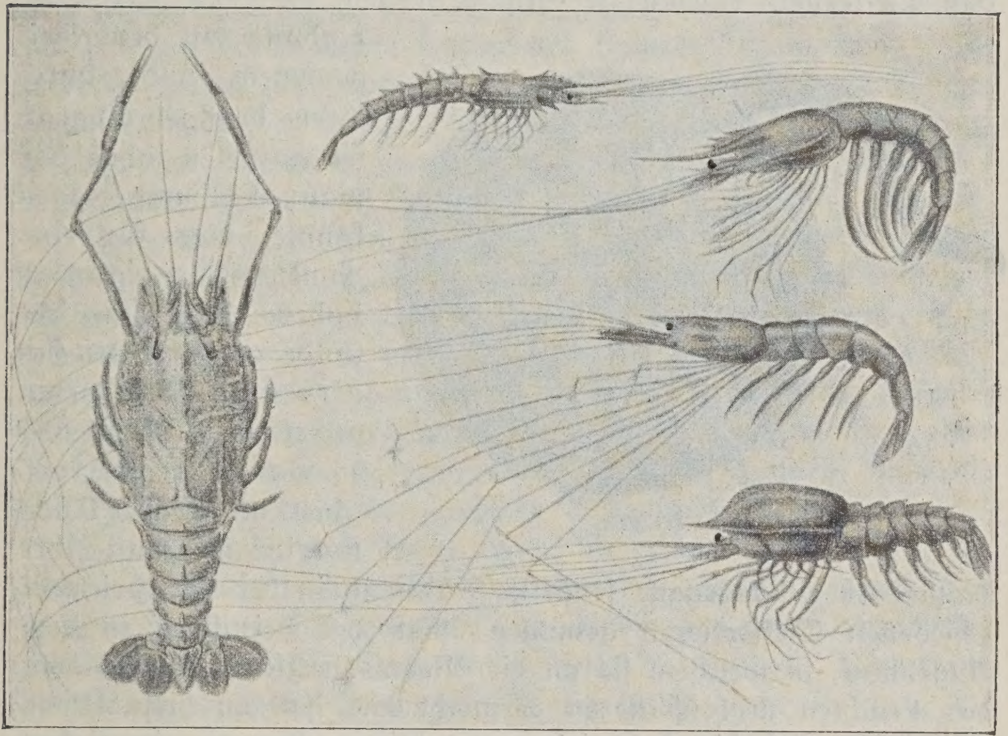


Fig. 47. Tiefseekrebse. (Nach Chun.)

Die Erklärung dieser Erscheinungen ergibt sich aus der Tatsache, daß wir im Meere außerordentlich viele Organismen haben, die durch ihre eigene Lebenstätigkeit Licht zu produzieren imstande sind. Allgemein bekannt ist die Erscheinung des Meeresleuchtens an der Oberfläche, die durch die Anwesenheit ungeheuerer Mengen von niederen Tier- und Pflanzenindividuen hervorgerufen wird. Untersucht man derartiges leuchtendes Meerwasser, so sieht man, daß darin unzählige einzellige Organismen schwimmen, die unter dem Mikroskop wie leuchtende Kugeln erscheinen (Noctiluca, Fig. 49). Eine genauere Untersuchung lehrt,

daß oft auch ganz kleine, leuchtende Bakterien vorkommen; andererseits sehen wir aber beim Meeresleuchten auch sehr häufig größere Tiere, wie Krebse und Quallen, durch das Wasser schießen, die den Eindruck von Leuchtkugeln erwecken und uns lehren, daß die genannte Fähigkeit nicht auf die niederen Formen beschränkt ist, sondern auch höheren Tieren zukommt. Derartige leuchtende Organismen finden sich nun ganz außerordentlich häufig in der Tiefsee. Schon oft hatte man die Beobachtung gemacht, daß Tiefseetiere eigenartige Organe tragen, die durch ihre Verbindung mit dem Nervensystem und durch ihren drüsigen Charakter auffielen, ohne daß man bestimmt sagen konnte, was für eine Funktion sie eigentlich haben. Derartige Befunde wiederholten sich gerade an Tiefseetieren außerordentlich oft und es war daher ein Fortschritt von großer Wichtigkeit, als man ihre Natur als Leuchtorgane feststellte. Das ist in der Tat bei verschiedenen Tiefseetieren gelungen: man hat bei ihnen in dem Augenblick, in welchem sie an die Meeresoberfläche kamen, noch das Leuchten zu konstatieren vermocht und hat auf diese Weise festgestellt, daß die beschriebenen drüsigen Organe ein Sekret ausscheiden, welches an der Luft ein intensives Licht entwickelt. Die Farbe dieses Lichtes kann verschieden sein, und man hat bei verschiedenen Tiefseetieren ein derartiges Phosphoreszieren mit gelblichem, grünlichem, rotem und blauem Lichte gefunden. Die Bedeutung dieser Leuchtorgane, die bei ihrer großen Verbreitung gewiß eine außerordentliche sein muß, wird auf verschiedenem Gebiete liegen. Zu berücksichtigen ist hierbei einerseits die Tatsache, daß viele Meeresorganismen durch Licht angelockt werden. Man hat das gelegentlich bei Reusenversuchen beobachtet, bei welchen man in diesen Fangapparat statt Tierleichen eine elektrische Lampe gebracht hatte. Diese wirkte ebenso anziehend, wie verwesendes Fleisch und hatte die Ansammlung einer großen

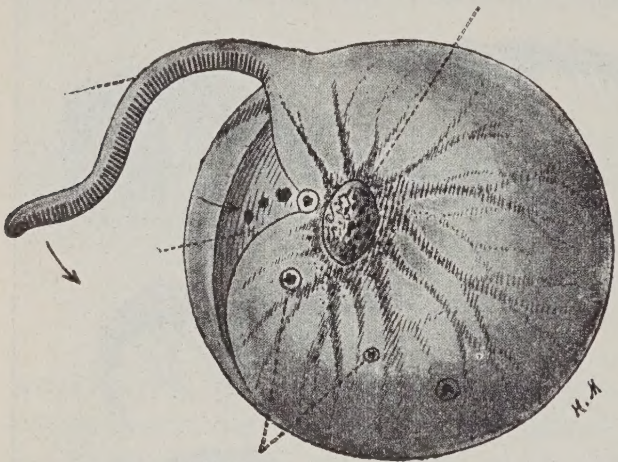


Fig. 48. Noctiluca.

Zahl von Tieren in der Reuse zur Folge. Biologisch läßt sich diese Erscheinung wohl dadurch erklären, daß diese Tiere sonst leuchtende Organismen als Beute haben und infolgedessen durch das Licht angelockt werden. Auf diese Weise geraten sie aber häufig in den Bereich größerer Tiere, denen sie nun ihrerseits selbst wieder zur Beute fallen. Und so verstehen wir denn die eigentümliche Anordnung, die die Leuchtorgane bei vielen Tiefseefischen haben. Bei manchem bedecken sie als kleine Pünktchen den gesamten Körper, so daß das schwimmende Tier aussieht, wie ein ganzer Schwarm leuchtender kleiner Organismen. In anderen Fällen aber haben die betreffenden Formen die Leuchtorgane unmittelbar in der Nähe des Maules, so daß die darauf zustürzenden kleineren Formen in den Bereich der Zähne des betreffenden Fisches geraten (s. Tafel II).

Bei manchen Fischen aber haben die Leuchtorgane eine ganz komplizierte Anordnung auf der Seite des Körpers. So entstehen bestimmte Zeichnungen, deren Komplikation noch dadurch erhöht werden kann, daß ihre verschiedenen Teile ungleiche Farbe aufweisen. Was diese bedeuten, ist noch nicht ganz klar; möglich ist es, daß sie zum gegenseitigen Erkennen der Geschlechter einer Art dienen, was bei der in der Tiefsee herrschenden Finsternis und Individuenarmut von größter Bedeutung ist.

So verstehen wir denn, wozu die Tiere der Tiefsee die Augen gebrauchen: ihre Anwesenheit wird dadurch bedingt, daß hier, wohin von oben her kein Licht eindringen kann, doch Lichtproduktion durch die Organismen selbst stattfindet. Wenn die dadurch entwickelte Lichtmenge freilich auch nicht so groß ist, daß durch sie pflanzlichen Organismen das Leben ermöglicht würde, so ist sie doch bedeutend genug, um in anderen Fällen, z. B. bei der Erbeutung der Nahrung, wertvolle Dienste zu leisten.

VI. Kapitel.

Entwicklung und Wanderungen der Seetiere.

Im letzten Kapitel haben wir uns mit dem Bau der Tiere und speziell mit den Anpassungen an das Leben in den verschiedenen Regionen der See befaßt, und haben mehrere Gruppen kennen gelernt, die in bezug auf Ernährung und Lebensweise, auf die Art ihrer Bewegung und den Umkreis, innerhalb dessen sich ihre Existenz abspielt, die denkbar größten Verschiedenheiten aufweisen. Welchen größeren Gegensatz könnte man sich vorstellen, als zwischen dem Schwamm, dem Polypen und dem Röhrenwurm einerseits, die an einer Stelle festgewurzelt, jeder Bewegungsfreiheit entbehren, und andererseits einem Tier, welches zeitlebens schwimmend ungeheure Wasserstrecken durchquert, ohne je mit dem Boden in Berührung zu kommen.

Die Mannigfaltigkeit der Erscheinungen wird aber noch größer, wenn man nicht nur den erwachsenen Zustand des Tieres ins Auge faßt, wie wir es bisher getan haben, sondern dieses vom ersten Augenblick seiner Entstehung an verfolgt, bis zu dem Augenblick, in welchem es seine fertige Ausbildung erlangt hat. Im Verlaufe dieser Entwicklung sehen wir nicht nur die allergrößten Formänderungen vor sich gehen, sondern es tritt auch häufig ein fundamentaler Wechsel der gesamten Lebensweise des Tieres ein. Häufig ist dieser Wechsel auch mit ausgedehnten Wanderungen verknüpft und gerade diese beanspruchen ein ganz besonderes Interesse: nicht nur vom wissenschaftlichen Standpunkte, sondern auch von dem der Praxis; denn unter den Seetieren befinden sich viele, die für den menschlichen Haushalt von größter Bedeutung sind und deren Fang die Ökonomie ganzer Länder beherrscht. Gerade die Wanderungen dieser Geschöpfe beanspruchen, wie wir sehen werden, besonderes Interesse und sie werden von der Kommission, die sich seit einigen Jahren zur Erforschung der nördlichen Meere zusammengetan hat, aufs eifrigste verfolgt.

So wollen wir denn noch zum Schluß Entwicklung und Wanderung von Seetieren ins Auge fassen. Wir erinnern uns dabei, daß jedes Tier aus einem einzelnen Ei hervorgeht, welches ganz niedere Organisation besitzt und äußerlich noch bedeutend einfacher gebaut ist, als das niedrigste Infusor. Denn

während dieses schon gewisse Organe zur Bewegung und zur Nahrungsaufnahme besitzt, stellt das Ei nur einen kugeligen Körper dar, dessen äußere Gestalt keine weitere Differenzierung erkennen läßt. Allmählich aber entwickelt sich aus einem solchen einfachen Ei ein kompliziertes Tier und diese Entwicklung ist das Produkt zahlloser Zellteilungs- und Differenzierungsvorgänge. Der Weg vom Ei zum erwachsenen Tier ist jedoch kein direkter. Wir sehen nicht etwa das Ei an Umfang zunehmen und sich ständig dem Ziele seiner Ausbildung nähern. Wir können vielmehr beobachten, daß die Entwicklung mancherlei bedeutende Umwege einschlägt, und dafür sind hauptsächlich zwei Ursachen verantwortlich zu machen. Erstens spielt hierbei die Notwendigkeit der Aufnahme und Verarbeitung genügender Nahrung eine Rolle. Jedes Ei enthält zwar eine bestimmte Menge von Nährmaterial, den sogenannten Dotter mit auf den Weg. Aber dieser ist bald in den ersten Phasen der Entwicklung verbraucht und rasch stellt sich für das sich entwickelnde Tier die Notwendigkeit ein, selbst Nahrung aufzusuchen, aufzunehmen und zu verwerten, deshalb müssen vollständig ausgebildete Organe für diese Funktionen schon sehr frühzeitig entstehen. Wenn aber die Entwicklung eines großen Tieres aus dem mikroskopischen Ei direkt stattfinden würde, dann würde lange Zeit vergehen, ehe alle diese Organe ausgebildet wären und der sich entwickelnde Organismus müßte auf halbem Wege der Entwicklung zugrunde gehen. So sehen wir denn, daß bei der Entwicklung eines Tieres aus dem Ei sich zunächst ein kleiner, selbständig lebender Organismus bildet, der mit allen Organen ausgerüstet ist, die zur Erhaltung des Lebens notwendig sind, die sogenannte L a r v e, die sich dann unter selbständiger Ernährung zum erwachsenen Tier umbildet. Wüßten wir nichts vom Entwicklungsvorgang, so würden wir ein solches Wesen als eine selbständige Tierart ansehen, und früher sind oft derartige Larven als besondere Formen angesehen worden.

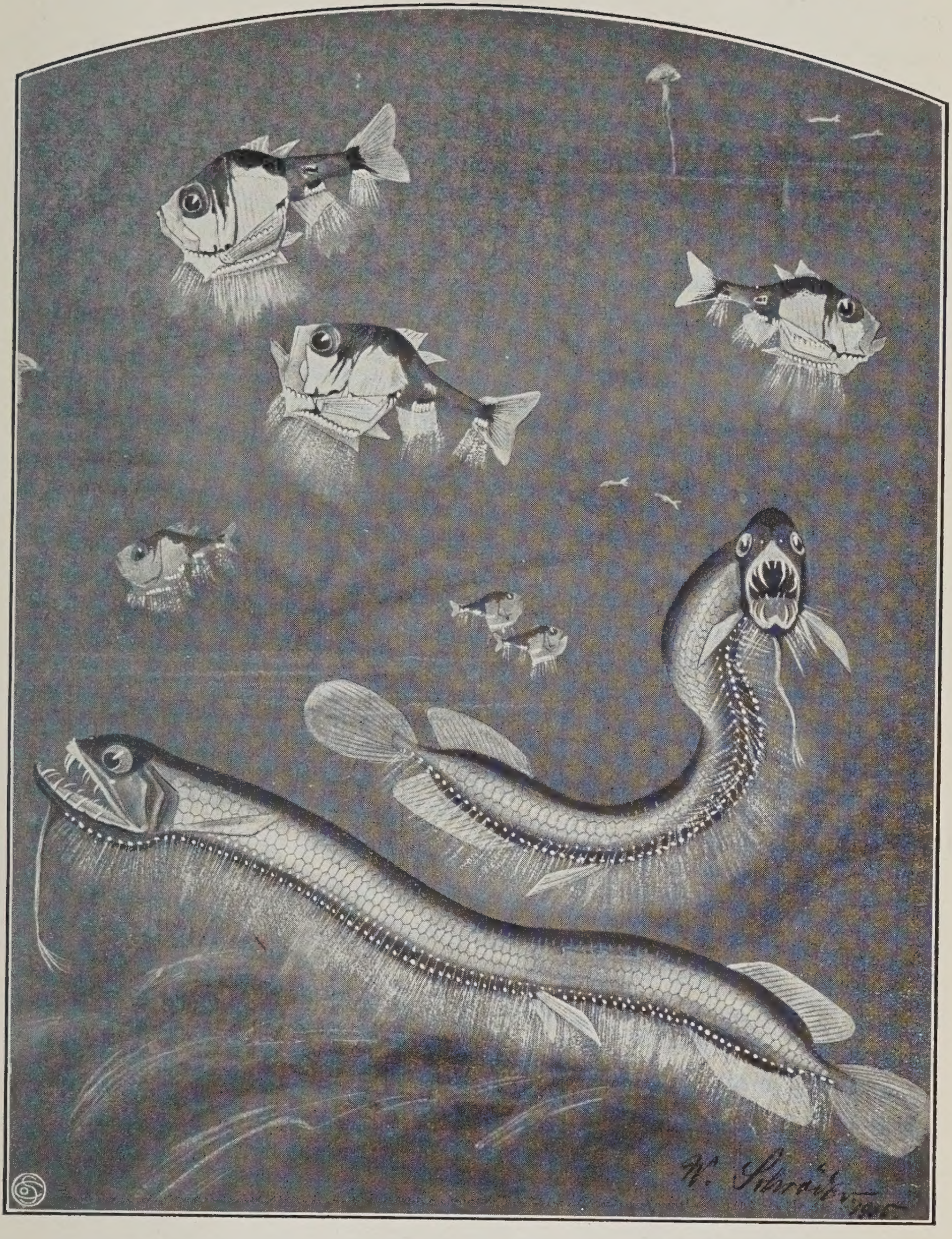
Es gibt auch noch einen anderen Umstand, der die Entwicklung außerordentlich stark kompliziert: das ist die Neigung vieler Tiere in ihren Jugendstadien Formen anzunehmen, die alten, zum Teil längst ausgestorbenen Gliedern ihrer Ahnenreihe angehören. Durch diese Regel, das sogenannte biogenetische Grundgesetz, wird es bedingt, daß im Laufe der Entwicklung nicht nur die nötigsten, zur Erhaltung der Larve unentbehr-

lichen Organe angelegt werden, sondern daß die Entwicklung oft ganz merkwürdige Umwege beschreibt, die eine Reihe komplizierter Form entstehen lassen und daß auch Organe auftreten, die niemals zur Funktion gelangen. Es ist eine bekannte Tatsache, daß auch die höheren Säugetiere im Laufe ihrer Embryoentwicklung Kiemen ausbilden, also ein Organ, das bei ihren im Wasser lebenden Vorfahren wirksam war, aber für das Tier in seinem jetzigen Zustande von gar keiner Bedeutung ist und infolgedessen im Laufe der Entwicklung zurückgebildet wird. Was wir bei den Säugetieren an diesem einen Organ wahrnehmen, das finden wir in allen anderen Gruppen wieder; überall zeigen sich in den ersten Entwicklungsstadien Anklänge an andere Formen ganz verschiedener Art, an Formen, die, wie wir aus dieser Tatsache schließen, zu den Ahnen der betreffenden Tiere gehören.

Die Formenmannigfaltigkeit, die infolge der genannten Umstände während der Entwicklung des einzelnen Tieres auftritt, ist fast ebensogroß wie die Mannigfaltigkeit der erwachsenen Tiere, und mit dem steten Wechsel der Form geht auch ein häufiger Wechsel der Lebensweise Hand in Hand, und das ist der Punkt, auf den wir hauptsächlich Wert legen wollen.

Wir haben in dem letzten Kapitel gesehen, daß die Seetiere eine so verschiedenartige Lebensweise haben, wie wir sie nur erwarten können. Einige wurzeln fest auf dem Boden wie Pflanzen, andere kriechen auf dem Boden hin und noch andere schwimmen frei umher, ohne je mit dem festen Grund in Berührung zu kommen: sie verbringen ihre ganze Entwicklung freischwimmend, führen eine Lebensweise, die wir als pelagisch bezeichnen. Wenn wir nun die Entwicklung der Tiere ins Auge fassen, so sehen wir, daß häufig diese drei verschiedenen Lebensweisen nicht nur einmal, sondern manchmal auch öfters im Laufe der Entwicklung eines Tieres wechseln.

Wir haben eine ganze Anzahl von Tierformen kennen gelernt, die auf der Unterlage festgewachsen sind und Kolonien bilden, wie z. B. viele Polypen und Schwämme. Diese Kolonien werden immer größer und größer und ihr Wachstum erfolgt ganz genau wie bei einer Pflanze, nämlich durch Knospung. Jedes Tier vermag ein neues aus sich hervorwachsen zu lassen, das sich vom Muttertier nicht abtrennt. Allmählich wird zwischen diesen beiden Individuen ein Stück Stiel eingeschaltet und so entstehen



Leuchtende Fische.

kompliziert gebaute Stöcke, die verzweigt sind wie ein Pflanzenkörper. Aber diese Polypen vermehren sich nicht nur durch Knospung, also durch den beschriebenen Vorgang, der zum Wachstum des ganzen Stockes gehört, sondern gelegentlich auch durch Eier. Das sind zwei Vermehrungsweisen von ganz verschiedener Bedeutung: die Vermehrung durch Knospung führt zur Entstehung eines großen Stockes, die Vermehrung durch Eier die sich vom alten Stocke abtrennen, hat dagegen zur Folge, daß neue Kolonien entstehen. Aus dem abgestoßenen Ei entsteht zunächst ein kleines freischwimmendes Tier, das aus einer ein-

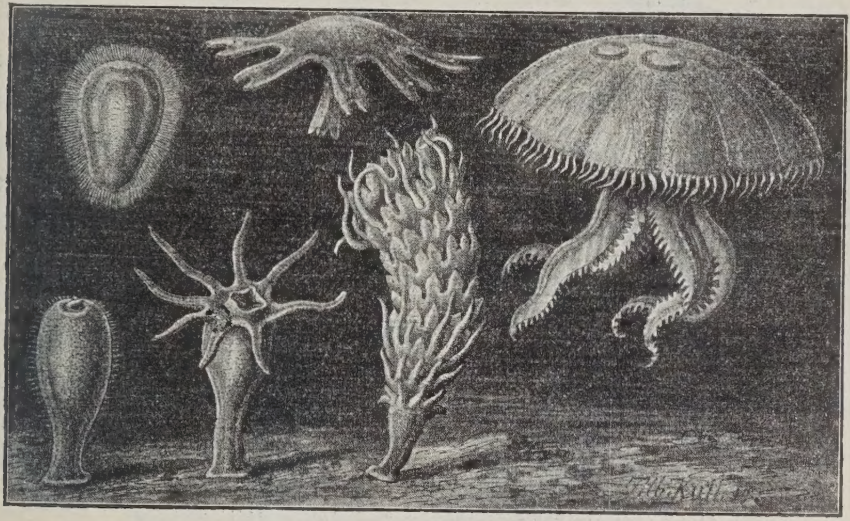


Fig. 50. Entwicklung der Ohrenqualle. (Nach Schmeil.)

fachen Zellschicht gebildet ist und ganz glatte Umrisse besitzt. Es besteht aus lauter gleichartigen Elementen, von denen jedes eine kleine Wimper trägt, die durch taktmäßiges Schlagen die Bewegung des Tieres im Wasser vermitteln. Aus dem festsitzenden Tiere wird also im Laufe der Entwicklung ein pelagisches, schwebendes Ei und aus diesem eine freischwimmende Larve. Diese pelagische Larve des Polypen setzt sich nun fest und damit ist eine Gestaltsveränderung verknüpft, die immer weiter geht. Es entsteht zunächst eine kleine Einsenkung und schließlich bilden sich an ihrem Rande die sogenannten Fangarme aus. Kurz und gut, es wird aus der pelagischen Larve ein festsitzender Polyp. Aus diesem Tier kann aber bei manchen Formen wiederum ein schwimmender Organismus hervorgehen: der Polyp geht in diesem Falle zur Bildung von Quallen

über, die sich ablösen und frei umherschwimmen (Fig. 50). So sehen wir denn, wie in dem Kreislauf dieser Tiere immer eine pelagische Generation mit einer festsitzenden abwechselt. Bei diesen niederen Tieren ist also schon die Entwicklung eine so komplizierte und es gehört ein langes Studium dazu, ihren Gang zu erforschen, denn der Qualle können wir es nie ansehen, daß sie aus einem Polypen hervorgegangen ist. Wir können das erst dann konstatieren, wenn es der Zufall will, daß wir auf einen Polypenstock stoßen, der in der Bildung von Quallen begriffen ist.

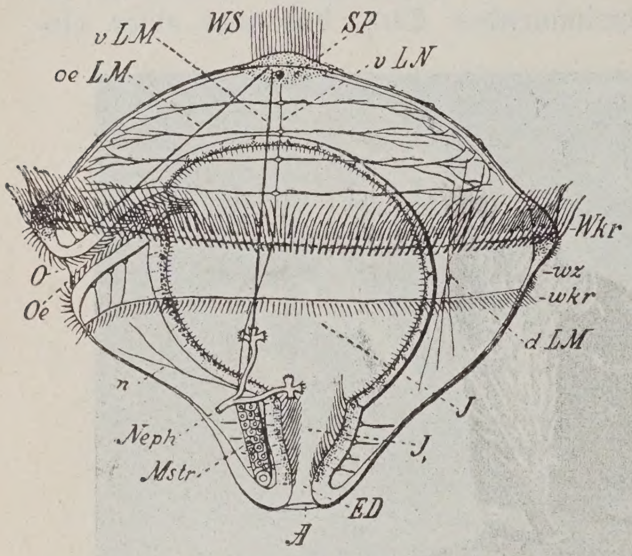


Fig. 51. Larve eines Ringelwurms. (Nach Hatschek, aus Hertwig.)

Wkr Wimperkränze, wz Wimperzone am Munde, WS Wimperschopf der Scheitelplatte SP, O Mund, Oe Speiseröhre, J Magen, J_1 Darm, ED Enddarm, A After, Neph Niere.

Je höher die Organisation der Tiere wird, um so komplizierter gestaltet sich auch ihre Entwicklung, um so komplizierter sind die Larvenstadien und um so unähnlicher sind sie dem erwachsenen Tiere. Oft findet man im Plankton kleine Tiere, denen man es nicht im entferntesten ansieht, daß aus ihnen später ein Wurm wird, der einem Regenwurm nicht unähnlich ist. Der obere Teil des Körpers einer solchen Larve ist etwa halbkugelig und hat an der Spitze eine Anhäufung von körnigen Zellen, die Nervenzellen darstellen und mit feinen Härchen versehen sind. Diese Härchen sind Sinnesorgane. Sie sind empfindlich für Tastreize und erlauben es diesem Tiere, sich in seiner Umgebung zu orientieren. Den ganzen Körper umzieht ein Kranz von feinen Wimpern, die als Bewegungsorgane dienen. Das Tier ist mit einem Darm ausgestattet, der einen großen Raum im Inneren seines Körpers einnimmt und schon in drei deutlich voneinander getrennte Teile gegliedert ist. Es besitzt ferner nierenartige Organe, die zu zweien links und rechts von der Darmöffnung

liegen. Das Ganze ist also ein komplizierter Körper, ein pelagischer Organismus; aus ihm wird aber ein Wurm, der in ganz verschiedener Weise leben kann, der in manchen Fällen sich auf dem Boden ansiedelt und als Röhrenwurm lebt, in anderen wieder auf dem Boden hinkriecht und schließlich auch pelagisch leben kann wie seine Larve. Diese Würmer sind durch den Besitz zahlreicher ring-

Fig. 52. Sandwurm und Röhrenwurm. (Nach Schmeil.)

förmiger Körperabschnitte ausgezeichnet; wenn nun das erwachsene Tier aus der Larve entstehen soll, dann wächst ihr unteres Ende und differenziert einen Ring nach dem anderen. So wird aus dem fast kugeligen Larvenkörper ein langgestreckter Wurm und die Larve selbst verwandelt sich in dessen Kopf; ihre Nervenzellen werden zum Ausgangspunkt des Nervensystems des erwachsenen Organismus. Dieser Larventypus, den wir soeben besprochen haben, kommt bei sehr vielen Tieren vor und nimmt

in den einzelnen Fällen, obwohl sein Bau grundsätzlich überall der gleiche ist, verschiedene äußere Gestalt an. Ähnliche Larvenformen finden wir z. B. bei den Meeresschnecken, verwandte auch bei den Seesternen, Seeigeln und Seewalzen, Tieren, die von den Ringelwürmern äußerlich sehr verschieden sind, die aber wahrscheinlich von irgendeinem gemeinsamen Ahnen abzuleiten sind. Darauf kann man unter Anwendung des Prinzips des biogenetischen Grundgesetzes schließen, von dem oben schon die Rede war, d. h. auf Grund der allgemeinen Erscheinung, daß in den Jugendstadien die Formen entfernter Vorfahren wiederholt werden.

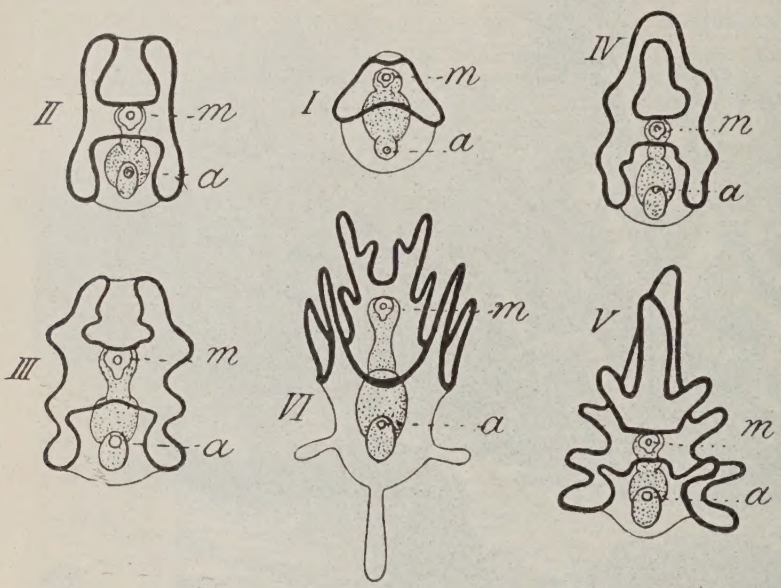


Fig. 53. Stachelhäuterlarven.
(Nach Joh. Müller, aus Hertwig), m Mund, a After.

I. gemeinsame Ausgangsform aller Larven. II. u. III. Entwicklungsstadien der Seewalzenlarve. IV. u. V. Entwicklungsstadien der Seesternlarve. VI. Larve eines Seeigels. Die schwarze Linie bezeichnet den Verlauf der Wimperchen.

Betrachten wir z. B. eine Gruppe von Larven verschiedener Tiere aus der Ordnung der Stachelhäuter, zu denen Seeigel, Seesterne und Seewalzen gehören, so sehen wir, daß sie alle den beschriebenen Typus tragen, und wir erkennen das auf den ersten Blick an den drei Teilen des Darms und an dem Wimperkranz, der den Körper umzieht. Aber bei diesen Tieren ist der Wimperkranz ganz kompliziert gebildet, er ist nicht zu einem Ring angeordnet, sondern zu einer mehrfach geschlängelten Linie, die bei den verschiedenen Gruppen verschiedene Gestalt hat. Und so erkennen wir an der Form dieses Wimperkranzes die Gruppe der Stachelhäuter, zu denen die betreffende Larve gehört. Mit dem fertigen Tier aber hat eine derartige Larve nicht die

mindeste Ähnlichkeit und es ist leicht ersichtlich, daß es außerordentliche Schwierigkeiten machen mußte, den Zusammenhang dieser Entwicklungsformen mit den dazu gehörigen erwachsenen Zuständen festzustellen. Anfangs hat man diese Larven für besondere Tiergruppen gehalten und so kommt es, daß jede von ihnen einen besonderen Namen führt.

Die Umbildung dieser Larven zu den erwachsenen Tierformen ist nun in der Tat ein recht komplizierter Vorgang, komplizierter, als bei den Würmern, von denen wir oben geredet haben. Denn es liegt ja hier nicht nur ein Unterschied in der äußeren Gestalt vor, sondern ein völliger Gegensatz im ganzen Bauplan des betreffenden Tieres. Die Larve ist zweiseitig symmetrisch, d. h. sie hat eine rechte und linke Hälfte, die einander spiegelbildlich entgegengesetzt sind sonst aber keine weitere Symmetrieebene. Das fertige Tier dagegen ist in den meisten Fällen — man braucht ja nur an den Seestern zu denken — radiär gebaut, d. h. es besitzt eine ganze Anzahl von Symmetrieebenen, durch welche es in gleiche Hälften zerlegt werden kann.

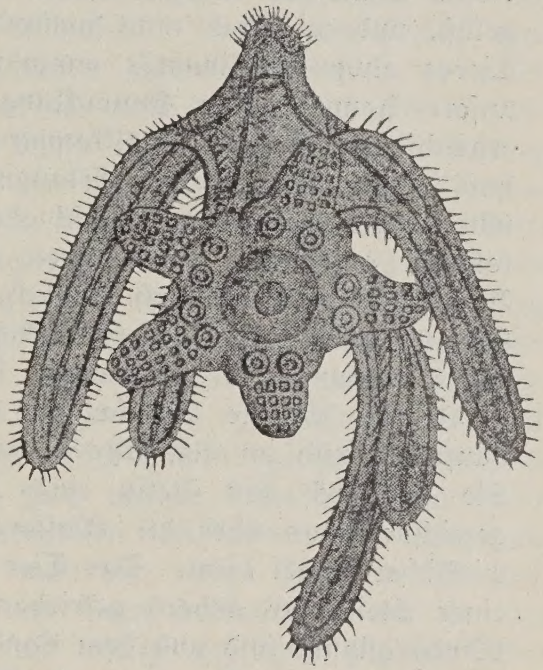


Fig. 54.
Entwicklung des Seesterns aus der Larve.
(Nach Hertwig.)

In der Tat bildet sich nicht die Larve zum fertigen Tier um, wie wir es beim Wurm gesehen haben, sondern es entsteht das erwachsene Tier aus der Larve durch Knospung. An einer Stelle ihres Körpers bildet sich eine Ausstülpung, die immer größer und größer wird und dabei die Gestalt des fertigen Tieres annimmt. Ist dieses groß genug geworden, so geht die Larve zugrunde und das erwachsene Tier bleibt allein übrig.

Wir haben an diesen Beispielen gesehen, was für außerordentliche Verschiedenheiten die Entwicklung der Seetiere aufweisen kann; Verschiedenheiten sowohl zwischen einer Gruppe und der

anderen, als auch Verschiedenheiten zwischen Anfang und Ende des Entwicklungsganges. Wir haben uns dabei überzeugt, wie man niemals auch vermutungsweise diese Formen für Entwicklungsstadien ein und desselben Tieres gehalten hätte, wenn es nicht gelungen wäre, die Übergangsstufen zwischen einer und der anderen zu finden. Dieses Auffinden der Übergangsstufen ist die Hauptaufgabe der vergleichenden Entwicklungsgeschichte, ebenso wie ihre Zusammenfügung zu einer einheitlichen Reihe, die die Entwicklungskette eines derartigen Tieres darstellt. Fehlt dabei in dieser Kette ein einziges Glied, dann bleibt die Aufgabe ungelöst, und wir sind nicht imstande, über die Entwicklung des Tieres etwas Bestimmtes auszusagen, und so kommt es, daß unsere Kenntnis der Entwicklung vieler Formen, die uns im erwachsenen Zustande vollkommen vertraut sind, sehr lückenhaft sein kann. Die Erlangung dieser Kenntnisse wird nun nicht nur durch die Verschiedenheit der Entwicklungsstadien, sondern auch noch durch einen anderen Umstand im höchsten Maße erschwert: dadurch nämlich, daß die verschiedenen Altersstadien eine verschiedene Lebensweise führen und dabei in großer räumlicher Trennung leben können. So gibt es z. B. eine Qualle Velella, die im Mittelmeer außerordentlich häufig ist und im Frühjahr in ungeheuren Schwärmen auftritt. Sie ist durch den Besitz eines segelartigen Anhängsels ausgezeichnet, das über die Wasseroberfläche hervorragt und als wirkliches Segel dient. Das Tier wird dadurch vom Winde von einer Stelle zur andern getrieben und so sehen wir, wenn die Winde günstig sind und dem Lande zuwehen, wie oft ungezählte Tausende dieser Tiere an die Küste getrieben werden. Dieses Tier kennt man schon seit langem, aber vergeblich hat man sich lange gefragt, wo es eigentlich herkommt. Es tritt im Frühjahr plötzlich in so unglaublichen Mengen auf, daß man meinen sollte, es müßte leicht sein, seinen Ursprung und seine Entwicklung festzustellen, und doch konnte man sich lange Zeit nur ein undeutliches Bild davon machen. In der Tat war die Lösung dieser Frage nicht so leicht, denn diese Qualle entwickelt sich in großen Wassertiefen. Wenn das erwachsene Tier zur Eiablage schreitet, dann sinken die Eier nieder und fallen auf den Meeresboden hinab, wenn auch das Tier sich über einer Tiefe von mehr als 1000 Metern befindet. Die Larven, die bei Entwicklung dieser Eier entstehen, bleiben nun in der Tiefe und

etwa zwei Monate vor dem Erscheinen der Qualle an der Oberfläche finden sie sich in einer Schicht, die etwa 1500 Meter tief unter der Oberfläche liegt. Ehe man diesen Fund gemacht hatte, konnte man natürlich nichts von der Entwicklung dieses Tieres wissen. Hatte man aber diese Tatsache entdeckt, so gelang es ziemlich leicht, die verschiedenen Entwicklungsstadien aufzufinden und die ganze Entwicklung des Eies von der einfachen Larve bis zum erwachsenen Tiere festzustellen.

Wir sehen also, daß in diesem Falle das Tier während seiner Entwicklung vertikale Wanderungen ausführt, die sich auf mehr als 1000 Meter erstrecken. In anderen Fällen aber wandern die Tiere in horizontaler Richtung; so kann es z. B. vorkommen, daß sie zur Eiablage von der offenen See an die Küste, dann wiederum im Laufe ihrer Entwicklung weit weg schwimmen, so daß man erst durch Untersuchung großer Meeresgebiete ein genaues Bild von ihrer Lebensweise erhält. Diese Frage nach den Wanderungen eines Tieres im Laufe seiner Entwicklung ist nicht nur wissenschaftlich von großer Bedeutung, sondern hat auch in praktischer Hinsicht ein großes Interesse, nämlich für die Fischerei. Es ist eine bekannte Tatsache, daß viele Fische, zum Teil regelmäßig, zum Teil aber auch ganz unregelmäßig, in einigen Gebieten in großen Schwärmen auftreten, von denen kurze Zeit vorher keine Spur zu sehen war. Ebenso rasch wie sie gekommen sind, können diese Schwärme wieder verschwinden. Hält man sich einige Zeit an der norwegischen Küste auf, so kann man beobachten, wie in den Fjorden oft die Fischerei fast völlig versagt. Plötzlich aber treten Heringsschwärme auf, die im Laufe einer Nacht Tausende und Abertausende von Fischen in einen bis dahin fischarmen Fjord bringen. Auch Makrelen können in ähnlicher Weise in ungezählten Scharen erscheinen. Für den Fischer handelt es sich dann darum, den günstigen Augenblick auszunützen, denn oft muß er lange bis zur Rückkehr einer ähnlich günstigen Gelegenheit warten. Die Fischer versuchen es selbstverständlich, über die Bedingungen, unter denen die Schwärme auftreten, sich Klarheit zu verschaffen und sie kennen auch mitunter Anzeichen, die dem Auftreten der Schwärme vorausgehen. Es ist aber schwer, in ihren Angaben das Wahre vom Falschen zu trennen, ihre Beobachtungen sind oft richtig und ihre Deutungen oft falsch; und wenn man versucht, den wahren Kern heraus-

zuschälen, dann erweist sich alles Material noch als unzugänglich. Seit einigen Jahren arbeitet eine internationale Kommission an der systematischen Durchforschung der nordischen Meere und das Studium der Wanderungen bildet einen großen Teil ihrer Aufgabe. Kurze Zeit erst werden diese Arbeiten durchgeführt und es wird begreiflicherweise noch lange dauern, ehe die Ergebnisse praktisch verwertbares Material liefern können. Aber manches ist doch schon dabei zutage gefördert worden, was von größtem Interesse ist und wir wollen noch einiges von den Ergebnissen dieser Arbeiten und namentlich von ihren Methoden sagen.

Diese letzteren richten sich natürlich nach der Art des Tieres, das man untersuchen will und nach seinen Lebensgewohnheiten. Faßt man z. B. die Heringsschwärme ins Auge, von denen oben schon die Rede war, so ist dabei wesentlich ein Umstand zu berücksichtigen, der einen großen Einfluß ausübt, nämlich der Zustand des Wassers. Man trifft die gleichen Entwicklungsstadien des genannten Fisches manchmal nahe an der Küste, manchmal weit davon entfernt. Um sich über die Ursache dieser Wanderungen klar zu werden, muß man genaue Untersuchungen über den Zustand des Wassers anstellen und ermitteln, welche Bedingungen für die Küstenfischerei günstig sind und welche nicht. Dabei findet man, daß die Heringe meistens den Bewegungen ganz bestimmter Wassermassen folgen. Wählen wir als Beispiel die Meeresteile, die zwischen Nordsee und Ostsee liegen. An der Oberfläche liegen hier ganz andere Schichten als in der Tiefe. Das kommt daher, daß das Wasser der Ostsee an der Oberfläche stark verdünnt ist, weil es durch die Ströme, die an seiner Küste einmünden, einen bedeutenden Süßwasserzufluß erhält. Deshalb hat dieses Wasser auch das Bestreben, nach der Nordsee hinauszufließen, wo sich eine viel salzhaltigere Schicht an der Oberfläche findet. In der Tiefe strömt infolgedessen eine Wassermasse von Westen nach Osten zum Ersatz der an der Oberfläche ausströmenden Schicht. Untersuchen wir also an einer bestimmten Stelle die übereinandergeschichteten Wassermassen, so sehen wir, daß jede von ihnen eine andere Zusammensetzung aufweist. Diese Verhältnisse sind aber an einer Stelle nicht konstant, sondern sie wechseln mit den äußeren Bedingungen, die einen großen Einfluß auf die Bewegungen der Wasserschichten haben. Da hat es sich nun gezeigt, daß die

Heringsschwärme sich immer in einer bestimmten Region befinden, und zwar an der Grenze einer konzentrierteren und einer verdünnteren Schicht. Wo diese Grenze liegt, hängt stets von den augenblicklichen Verhältnissen ab: ist die ausfließende verdünnte Oberflächenschicht sehr mächtig, dann ist sie stark nach der Tiefe und von der Küste weg verschoben. Ist sie dagegen dünn, so tritt die genannte Grenze an die Küste heran und die Verhältnisse sind für die Fischerei günstig. Kennt man nun den Zustand des Wassers, so kann man auch mit ziemlicher Sicherheit sagen, wo sich die Heringsschwärme befinden

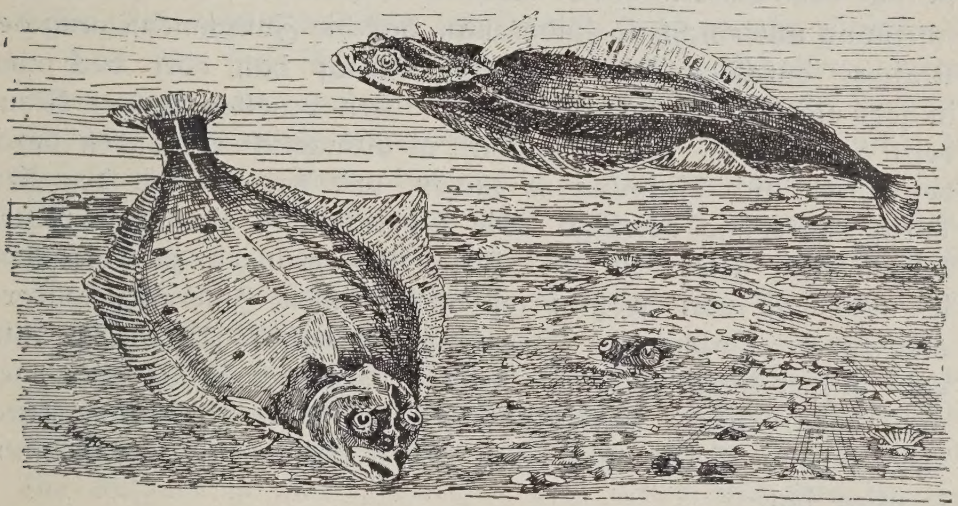


Fig. 55. Schollen. (Nach Schmeil.)

müssen. Wir haben also hier einen Fall vor uns, der dadurch charakterisiert ist, daß die äußeren Bedingungen für die Wanderungen dieser Schwärme maßgebend sind, insofern sie diese Tiere veranlassen, die eine oder die andere Stelle aufzusuchen. Damit ist uns für diesen Fall die Methode gegeben, die wir zu benutzen haben.

In anderen Fällen aber würde diese Methode vollständig versagen. Beobachten wir z. B. junge Schollen, so finden wir bei ihnen ganz andere Eigentümlichkeiten, als wir beim Hering kennen gelernt haben. Wir finden sie z. B. sehr häufig in jungem Zustande an den Küsten der nördlichen Gewässer: der Ostsee, der Nordsee und der dazwischen liegenden Meeresteile. Wenn wir uns über die Gesetzmäßigkeiten der Entwicklung Aufschluß zu verschaffen suchen, kon-

statieren wir, daß an der Küste in der Nähe des Landes sich namentlich die jungen Tiere finden, die also in ganz flachem Wasser leben. Weiter weg von der Küste halten sich größere Tiere auf und die ganz großen findet man meistens erst in einiger Entfernung vom Lande. Es gibt natürlich Ausnahmen, aber die Regel ist, daß die Schollen größer und größer werden, je weiter wir uns von der Küste entfernen. Diese Verhältnisse sind dadurch zu erkären, daß die Schollen wandern; die erwachsene Scholle kommt zum Laichen an die Küste, hier kriechen die jungen Tiere aus den Eiern aus, und je älter sie werden, um so mehr entfernen sie sich vom Lande. Wenn man die näheren Ursachen dieser Erscheinung untersucht, so findet man, daß die Zusammensetzung des Wassers durchaus keinen Einfluß darauf hat, oder doch nur in sehr loser Beziehung dazu steht. Den Schollen ist das Wandern angeboren. Dieser Instinkt ist allmählich entstanden durch den Trieb, sich Nahrung zu suchen, und hat sich mit der Zeit durch Vererbung befestigt. Die Scholle ist so ein ausgeprägter Wanderfisch geworden, und diese Wanderungen zu verfolgen, ist nicht nur von großem wissenschaftlichen Interesse, sondern auch für die Praxis von Bedeutung und hohem Wert. Die Aufgabe ist hier komplizierter als beim Hering, weil die Wanderungen nicht durch äußere Verhältnisse bedingt werden, sondern durch einen inneren Trieb des Tieres, dessen Wesen man genau zu erforschen hat.

Zur Untersuchung dieser Wanderungen bedient man sich eines einfachen Mittels. Man fängt eine Anzahl von Schollen an einer Stelle, versieht sie mit Marken, die an der Schwanzflosse mit Hilfe eines feinen Silberdrahtes befestigt werden und die mit Nummern versehen sind. Ort und Zeit des Fanges werden genau notiert, Größe und Gewicht des Tieres festgestellt und dann läßt man die Fische an derselben Stelle, an der man sie gefangen hat, wieder ins Wasser. Nun sind in allen Fischerorten der nördlichen Küsten Anschläge angebracht, die die Fischer auffordern, derartige numerierte Fische, die von ihnen etwa gefangen werden, abzuliefern. Sie erhalten dafür eine verhältnismäßig hohe Belohnung, namentlich dann, wenn sie imstande sind, über Ort und Zeit des Fanges genau Aufschluß zu geben. Auf diese Weise erhält man in der Tat ungefähr 70 % der ausgesetzten numerierten Fische wieder, und man kann feststellen, was für einen Weg die betreffenden Fische vom Augenblick ihrer

Aussetzung bis zu dem des Fanges zurückgelegt haben. Auf diese Weise hat man schon eine Anzahl interessanter Tatsachen feststellen können, so z. B. daß sie auf dem Meeresboden wandernd niemals unter eine bestimmte Tiefe hinuntergehen. Die Schollen sind ausgeprägte Bodentiere, was sich deutlich auch in der plattgedrückten Gestalt ausspricht (Fig. 55). Sie wandern also nur, indem sie sich auf den Boden entlang bewegen und dabei sehen wir, daß sie größere Tiefen ganz vermeiden. An tieferen Rinnen gehen sie seitlich vorüber und so kommt es, daß sie gewisse unterseeische Bänke, die sich mitten in einem Meeresgebiete befinden und von einer solchen tieferen Rinne umgeben sind, selten erreichen. So bleiben denn manche Gründe, die an und für sich für die Entwicklung von Schollen geeignet wären, sehr arm, weil die sie umgebenden Tiefen ein Hindernis für die Wanderung dieser Fische abgeben. Die praktische Folgerung aus diesen Beobachtungen ist nun die, daß man von Küsten, die an jungen Schollen sehr reich sind, nach derartigen Stellen junge Fische verpflanzt, und, soviel wenigstens die bisherigen Erfahrungen zu schließen erlauben, ist dieses Verpflanzen oft von günstigem Erfolge begleitet.

Hier haben wir also wiederum eine Methode vor uns, die man zur Feststellung der Wanderung von Fischen benutzt. In anderen Fällen muß man noch anders verfahren, wie z. B. beim Dorsch. Die Aufgabe ist hier schwieriger, weil dieser Fisch das Nummerieren in der Weise wie die Scholle nicht verträgt, sondern dabei zugrunde geht. Man muß sich also auf anderem Wege Klarheit über seine Wanderungen zu verschaffen suchen. Ein wichtiges Hilfsmittel hierfür sind statistische Untersuchungen über die Größe der jungen Fische in einem Fange. Ordnet man nämlich die an einer Stelle erbeuteten Jungfische der Größe nach an, so bemerkt man eine eigentümliche Erscheinung. Man findet z. B. in einem Fange sehr wenige Fische von 3 Millimeter Länge; solche von 5 Millimetern sind schon etwas zahlreicher; solche von 7 und 9 Millimeter Länge sind wiederum sehr selten, solche von 13 und 15 Millimetern dagegen sehr häufig. Kurz und gut, man sieht, daß die Zahl der gefangenen Fische nicht in einfacher Weise mit ihrer Größe ab- und zunimmt, sondern daß sie in ganz eigenartiger Weise schwankt. Dorsche von 5, 13, 23, 35 Millimetern wurden viele gefunden, von den dazwischen liegenden Größen immer nur verhältnismäßig wenig. Diese Tatsache ist so zu erklären: ein etwa halb-

jähriger Dorsch ist ungefähr 5 Millimeter lang; hat er noch ein Jahr im Meere gelebt, so ist er bis auf 13 bis 14 Millimeter Länge herangewachsen, nach zwei Jahren ist er ungefähr 23, nach drei Jahren 35 Millimeter lang usw. Daher kommt es, daß nicht alle Größen gleichmäßig vertreten sind, sondern daß manche häufig, andere wieder selten sind. 18 Millimeter z. B. ist für einen zweieinhalbjährigen Dorsch eine zu geringe Größe, und so ist diese Länge selten vertreten. Man kann also aus der Größenstatistik eines Fanges entnehmen, welche Lebensalter dieses wichtigen Nutzfisches zu einer bestimmten Zeit an einer bestimmten Stelle vertreten sind und auf diese Weise ermitteln, was für Wanderungen dieses Tier im Laufe der langen Jahre, die es bis zur Erreichung des erwachsenen Zustandes braucht, vollführt.

In der Tat scheinen diese Wanderungen äußerst umfangreich zu sein und manche Forscher haben die Ansicht ausgesprochen, daß viele Dorsche aus den Norwegischen Fjorden in ganz jugendlichen Zustande auswandern und weite Strecken durchschwimmen, ja, daß sie zum großen Teil an den Küsten Islands laichen. Diese Frage ist für die Praxis von außerordentlicher Wichtigkeit. In gewissen Fjorden bestehen Anstalten, welche alljährlich viele Millionen von Dorschlarven aufziehen, und wenn sie ein bestimmtes Alter erreicht haben, in das Wasser aussetzen; es wird die Meinung vertreten, daß dieses Verfahren zur Hebung des Dorschfanges in den betreffenden Fjorden beigetragen hat. Wäre nun die Theorie von der Auswanderung der jugendlichen Dorsche aus den Fjorden richtig, so wäre natürlich dieses Verfahren sinnlos, weil ja die ausgesetzten Larven sich in diesem Falle an ganz anderen Stellen entwickeln würden als da, wo sie ausgesetzt werden, und diese mit großen Kosten betriebene Manipulation wäre für die betreffenden Küstenstriche ohne Wert. Doch ist die Frage noch keineswegs sicher gelöst und die Beteiligung der Fjorddorsche an den großen Wanderungen durchaus nicht bewiesen, und es läßt sich ein abschließendes Urteil über dieses Problem noch nicht fällen. Dieser Umstand zeigt aber wiederum deutlich die große Wichtigkeit, die der Behandlung dieser Fragen innewohnt.

Nicht minder interessant und wichtig sind die Untersuchungen über einen anderen Fisch: den Aal, dessen Lebensgang höchst merkwürdig ist und erst in den letzten Jahren völlige Aufklärung gefunden hat. Die Verbreitung der Aale ist eigen-

tümlich; man findet sie so gut wie überall, in den großen Strömen, in denen sie aufwärts wandern, von denen sie in die Nebenflüsse und Bäche übergehen, um manchmal sogar auf feuchte, sumpfige Wiesen zu kriechen. Dann kann man wieder beobachten, wie sie zu gewissen Jahreszeiten wieder stromabwärts nach dem Meere ziehen. Zu dieser Zeit kann man sie in großen Mengen erbeuten, wenn man Netze aussetzt, in denen die in Scharen wandernden Aale sich fangen. Schließlich gelangen sie ins Meer, und hier verlieren sie sich, so daß man lange Zeit über ihr weiteres Schicksal nichts wußte. Und doch mußten sie, das wußte man schon seit langem, noch interessante Schicksale durchmachen: denn nie hat man — einen einzigen Fall ausgenommen — geschlechtsreife Aale gefangen; es war also völlig unklar, wo diese Tiere eigentlich laichen, wo sie ihre ersten Entwicklungsstadien durchmachen, bis sie das Stadium der kleinen glashell durchsichtigen, aber schon völlig ausgebildete Aalform besitzenden Fischchen annehmen, die man im Frühjahr die Flüsse hinaufwandern sieht.

Die Wissenschaft hat einen langen Weg zurücklegen müssen, ehe sie die Antwort auf diese Fragen fand. Der erste Schritt hierzu war durch eine Entdeckung gegeben, die der hochverdiente italienische Forscher Grassi gemacht hat. Er fand in der Straße von Messina eigentümliche, abgeplattete Fischlarven mit kleinem Kopf, und als er diese sogenannten „Leptocephalen" in Aquarien längere Zeit hindurch beobachtete, sah er, wie sie sich zu typischen kleinen Flußaalen entwickelten. Damit war ein großer Fortschritt gemacht: die Larve des Aales war gefunden und man wußte wenigstens, wie die jugendlichen Stadien aussehen, die man zu suchen hatte. Aber alles Suchen in den nordischen Meeren, in denen man doch bei der großen Zahl in jedem Herbst auswandernder erwachsener, und in jedem Frühjahr einwandernder jugendlicher Aale die Larven in großer Zahl hätte vermuten müssen, blieb vergeblich, und so hatte denn Grassis Entdeckung, so interessant sie war, zunächst noch keinen Aufschluß über die Wanderungen dieses Fisches gebracht. Und doch steckte in ihr eine Anregung, die die Veranlassung bildete, in bestimmter Richtung zu suchen. Die Straße von Messina ist dadurch ausgezeichnet, daß dort heftige Wasserbewegungen, hervorgerufen durch die Stauung des Tiefenstromes an einem unterseeischen Rücken, Tiefenwasser an die Oberfläche befördern

und sie ist dafür bekannt, daß sich dort in den oberen Wasserschichten Tiere finden, die sonst nur in den tieferen Regionen vorkommen. Fanden sich nun die Aallarven dort, während sie anderswo vergeblich gesucht wurden, so lag die Vermutung nahe, daß diese Larven die Tiefen des Meeres bewohnten und daß sie dort zu suchen seien.

Aber auch diese Anregung führte zunächst noch zu keinem Ergebnis. Vergebens wurden die Tiefen des nordatlantischen Ozeans, des der Nord- und Ostsee am nächsten liegenden Tiefseegebiets, nach laichreifen Aalen und nach den nunmehr bekannten Jugendzuständen durchsucht: es gelang nicht jemals irgend eines solchen Tieres habhaft zu werden. Doch ließ sich hierfür eine Erklärung finden: in der norwegischen See ist das Wasser der Tiefen außerordentlich kalt, es erreicht etwa —1,75 Grad, eine Temperatur, die dem Gefrierpunkt des Seewassers naheliegt. Dieses Wasser ist das kälteste Seewasser, das wir überhaupt kennen; selbst in den Tiefen des Polarbeckens herrscht eine größere Wärme. Wenn nun die jungen Aale darauf angewiesen sind, in den Tiefen der Meere sich zu entwickeln, so liegt der Gedanke nahe, daß der nordatlantische Ozean in diesen Regionen zu kalt sein könne, und daß man in wärmeren Meeresgebieten suchen müsse. In der Tat zeigten nun fortgesetzte Untersuchungen, daß man die Leptocephalen, die Jugendstadien der Aale, in großer Zahl findet, wenn man die Tiefen des Atlantischen Ozeans südlich von Island durchfischt. In den irischen Gewässern, in der Bai von Biscaya, findet man sie z. B. in Menge. Und in jene Regionen müssen die Aale aus unseren heimischen Gewässern wandern, wenn sie einen, für den Laichprozeß geeigneten Ort, d. h. große Tiefen, mit nicht allzu niedriger Temperatur finden wollen. Dorthin ziehen sie, und so ist es begreiflich, daß man in der Nähe unserer Küsten laichreife Aale nicht findet. In jenen Tiefen findet die Ablage der Eier statt und hier erfolgt das Ausschlüpfen der jungen Larven. Diese bleiben jedoch nicht dort, um sich an Ort und Stelle zu entwickeln, sondern sie treten die umgekehrte Wanderung an: sie steigen in die Höhe und schwimmen nordwärts unseren Gewässern zu, wo sie an den Flußmündungen erscheinen. Inzwischen haben sie ihre merkwürdige Umwandlung vom Leptocephalus zum jungen Aal durchgemacht. Sie nehmen keine Nahrung zu sich, sondern sie resorbieren den größten Teil der

Muskulatur, aus der ihr Körper aufgebaut ist; so verlieren sie ihre plattgedrückte Larvenform und werden zum walzenrunden jungen Aal. (Vgl. Fig. 56, auf der die allmähliche Entwicklung vom Leptocephalus [oben] zum jungen Aal [unten] dargestellt ist.)

Diese Entwicklung des Aales ist sehr merkwürdig und in doppelter Hinsicht von größtem Interesse. Einmal ist es vom biologischen Standpunkt höchst interessant, daß dieser Fisch so weit weg in bedeutende Tiefen zieht, um zu laichen, so daß die jungen, eben aus dem Ei geschlüpften Tiere gezwungen sind,

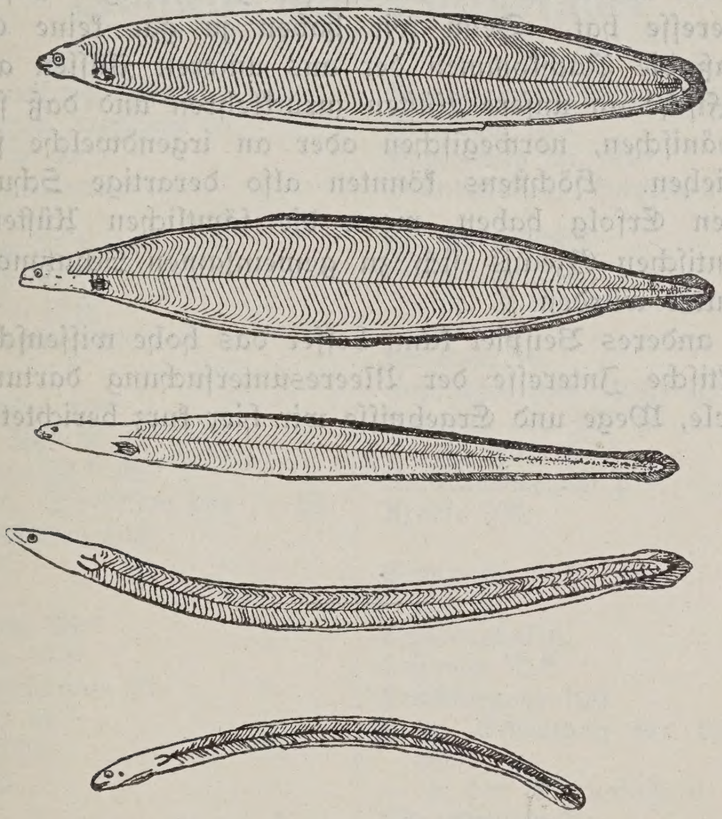


Fig. 56. Entwicklung des Aals.

über unermeßliche Strecken zu wandern, ehe sie das Gebiet erreichen, in dem sie den Hauptteil ihrer Entwicklung durchmachen. Das hängt wahrscheinlich mit der Abstammung des Aales zusammen. Dieser Fisch hat nämlich eine Anzahl Verwandte, die ausgesprochene Tiefseetiere sind und ihren ganzen Lebenszyklus in der Tiefe durchmachen. Man geht wohl in der Annahme nicht fehl, daß unser Flußaal von solchen Tieren stammt, und

daß der Instinkt, zur Laichzeit die Tiefen aufzusuchen, von jenen Vorfahren ererbt ist. Die eigentümliche Art dieser Wanderungen hat aber auch eine für die Praxis sehr bedeutungsvolle Seite. Man hat z. B. die Frage erörtert, ob man nicht zur Hebung der Aalfischerei Schutzgesetze einführen solle, die den Fang der erwachsenen, aus den Flüssen ins Meer zum Laichen auswandernden Fische verbieten. Nachdem man aber die Entwicklung und die Wanderungen der laichreifen Tiere und der sich entwickelnden Jungen kennen gelernt hat, ist es klar geworden, daß ein einzelner Staat an der Durchführung derartiger Gesetze gar kein Interesse hat. Denn wir haben ja gar keine Gewähr dafür, daß die Nachkommen der aus unseren Flüssen auswandernden Fische an unsere Küsten zurückkehren und daß sie nicht an die dänischen, norwegischen oder an irgendwelche fremden Küsten ziehen. Höchstens könnten also derartige Schutzgesetze irgendeinen Erfolg haben, wenn die sämtlichen Küstenstaaten des Atlantischen Ozeans sich zu gemeinsamen Schutzmaßregeln zusammentun würden.

Kein anderes Beispiel kann besser das hohe wissenschaftliche und praktische Interesse der Meeresuntersuchung dartun, über deren Ziele, Wege und Ergebnisse wir hier kurz berichtet haben.

Namen- und Sachregister

Aal, Entwicklung 125 f.
Ablagerungen, terrigene 13.
Akkumulator 22.
Aristoteles, Laterne des — 1.

Beerentang 52.*
Blasentang 50.*
Bodenalgen 47 ff.
Bodendiatomeen 54.*

Callithamnien 49.*
Ceratium 56,* 57.
Chaetoceras 57,* 58.*
Challenger, Expedition des — 18.
Chromatophoren 102.
Clio 103.*

Dampfwinde 34.*
Diatomeen 54 ff.
Diatomeenschlamm 16.
Dinophysis 61.*
Dorsche 125 f.
Dredge 33.

Ektokarpus 47, 48.*
Entwicklung der Tiere 110 f.
Erneuerung der Oberflächenschichten 85 f.

Farbe der Algen 62 ff.
Fischereien in nördlichen Gewässern 82.
Flaschenposten 77.
Foraminiferen 14,* 94.
Forbes 14 ff.

Globigerinenschlamm 14, 17.
Golfstrom 75 f.
Goßleriella 59, 60.*
Grundproben, Entnahme von 24.

Haarsterne 98.*
Haifischzähne 17.
Heringe 119 f.

Kieselgur 16.
Kopffüßer 100,* 101,* 105.
Korallen 33, 96,* 97.
Korallenriffe 97.*
Korallinenregion 1.
Krebse 103.

Laminaria 51.*
Larve 111.
Leptocephalen.
Lessonia 53.*
Leuchtorgane 109.
Licht, Bedeutung für die Pflanzen 7.
— in der Meerestiefe 6.
Litoralregion 1.
Lotmaschine 22 f.*
Lotung 21 ff.
Lovén 2.

Makrelen 119.
Manteltiere, Reusen der — 44,* 45.
Medusen 103.
Meeresboden, Beschaffenheit 12.
Meeresleuchten 107.
Meeresströmungen 70 ff., 72.*
— Ursache der 79 f.

Meerwasser, Zusammensetzung 30.
Mittelmeerplankton 89,* 90.*

Noctiluca 107, 108.*

Oberflächennetz 31.
Octopus 100.*
Ohrenqualle 113.*
Organisation, Gegensatz zwischen Tier und Pflanze in der — 92 f.
Ornithocercus 60, 62.*
Oscillaria 66.

Pelagische Tiere 101.
Pelagothuria 99.*
Peridineen 57, 59 ff.
Pflanzentiere 95.
Phalacroma 61.*
Plankton 67 ff.
— Untersuchungsmethoden für das — 32.*
Planctoniella 59, 60 f.
Planktonproduktion 82.
Planktonschlauch 43.
Plattfische 33.
Polierschiefer 16.
Polypen 95, 96,* 112.

Quallen 103.

Radiolarien 15,* 94.
Reuse 37, 38.*
Rhizosolenia 58,* 59.*
Ringelwurm, Larve 114.*
Röhrenwurm 115.*
Roß, Sir 3.

Sandwurm 115.*
Sargassum 52.*
Schiffslaboratorium 37.*
Schließnetz 40, 41,* 42.*
Schollen 33, 121 f.*
Schöpfflaschen 27 f, 29.*
Schwämme 33, 95, 96,* 112.
Seeanemonen 95.
Seeigel 98.*
— Larven 116.*
Seesterne 98,* 99.*
— Entwicklung 117.*
— Larven 116.*
Seewalzen 99.*
— Larven 116.*
Stachelhäuter 97 f., 98.*
Steinbutt 33.
Strahlentierchen 94.
Stromversetzung 74.

Tange 50 ff.
Temperaturmessungen 25 ff.
Tiefseefauna, Entdeckung der — 5.
— Ernährung der — 12.
Tiefseefische 106.*
Tiefseekopffüßer 105.*
Tiefseekorallen, Region der — 1.
Tiefseekrebse 107.*
Tiefseethermometer 26, 27.*
Tiefseetiere 105 ff.
Tiefseeton, roter 17.
— weißer 17.
Tintenfische 100.
Trawl 33,* 35.*

Urtiere 94.

Velella 118.
Verteilung der Planktonformen 81.
Vertikalbewegung des Wassers 75 ff., 87.
Vertikalnetz 39.

Wallich 4.
Wärmeschichtung 75.

VERLAG VON QUELLE & MEYER IN LEIPZIG

Der Tierkörper, seine Form und sein Bau

unter dem Einfluß der äußeren Daseinsbedingungen. Von Privatdozent Dr. EUGEN NEERESHEIMER. 128 Seiten mit zahlr. Abbildungen. Geheftet Mark 1.— In Originalleinenband Mark 1.25

In großen Zügen werden wir in den inneren Bau, die Entwicklung und die Lebensgeschichte der Tierformen eingeführt und erhalten ein Bild von dem Bau der verschiedenen Organe, ihren Funktionen und den Gründen für ihre Gestaltung, so daß wir die Zweckmäßigkeiten in der Natur, die Anpassungen und die Lebensbedingungen der einzelnen Arten verstehen lernen.

Die Säugetiere Deutschlands

Von Privatdozent Dr. HENNINGS. 174 Seiten mit zahlr. Abbildungen. Geheftet Mark 1.— In Originalleinenband Mark 1.25

Keine trockene Aufzählung von Namen und Daten, sondern eine lebensvolle, von biologischen Gesichtspunkten ausgehende Darstellung! Äußere Eigenschaften: Bewegung, Stoffwechsel, Fortpflanzung der wichtigsten Säugetiere Deutschlands werden an Hand zahlreicher Abbildungen geschildert und in ihrer Bedeutung für unsere Heimat gewürdigt.

Das Schmarotzertum im Tierreich

und seine Bedeutung für die Artbildung. Von Prof. Dr. L. v. GRAFF. 8°. 136 S. mit zahlr. Abb. Geheftet M. 1.— In Originalleinbd. M. 1.25

„Der schon so vielfach in volkstümlichen Schriften behandelte Stoff findet hier von einem **Meister wissenschaftlicher Forschung** eine ausgezeichnet klare Darstellung, wobei besonders die allgemeinen Fragen, soweit es der beschränkte Umfang des Büchleins gestattet, eingehend berücksichtigt werden.“ Prof. R. Hesse, Tübingen.

Die Parasiten der Menschen und Tiere

Von General-Oberarzt a. D. Dr. v. LINSTOW. 200 Seiten. Mit zahlr. Abb. In Originalleinenband Mark 1.80

Die Parasiten gehören zu den interessantesten, merkwürdigsten und seltensten Erscheinungen der Tierwelt. Verfasser führt uns ein in die Lebensbedingungen des Schmarotzer, ihre Entwicklung, ihr Bau, die Art und Weise, wie sie in den Menschen- und Tierkörper hineingelangen und wie ihre Brut wieder ins Freie kommt.

Prospekte unentgeltlich und postfrei.

VERLAG VON QUELLE & MEYER IN LEIPZIG

Die Abstammungslehre

Eine gemeinverständliche Darstellung
und kritische Übersicht der verschiedenen Theorien von

Dr. B. G. Buekers

8⁰. 365 Seiten mit zahlreichen Abbildungen.
Brosch. Mk. 4.40, in Originalleinenband Mk. 5.—

„In diesem Streit der Meinungen und Richtungen heißen wir das vorliegende Werk willkommen, **das uns in möglichst objektiver Weise in all die zahllosen Fragen der Abstammungslehre einführt** . . . . Wir können natürlich nicht des Näheren **auf den reichen Inhalt** des Buches eingehen; vielmehr hoffen wir, daß recht viele unserer Leser es selbst zur Hand nehmen werden. Es ist fesselnd und allgemein verständlich geschrieben und führt den gebildeten Laien rasch und zuverlässig in die Abstammungslehre ein.“

Nationalzeitung. 11. Juni 1909.

„Das Buch gibt einen aufklärenden Überblick über den Stand der Abstammungslehre. Es führt den Leser ein in die Ideen Lamarcks, Darwins und Haeckels, in den Unterschied der Auffassungsweise der Monisten und des Kepler-Bundes und gewinnt dadurch einen allseitigen Standpunkt. Der Verfasser selber ist ein überzeugter Anhänger der Mutationstheorie von de Vries und bringt diese Meinung auch wiederholt zum Ausdruck. **Wir können das Buch bestens empfehlen,** insbesondere **auch wegen seiner gemeinverständlichen Darstellung** dem Laienpublikum, das keine besondere theoretische Vorbildung hat.“

Der Tag. 23. Mai 1909.

Aus dem Inhalt: Geschichtliches. Fortpflanzung. Systematik. Variabilität. Zweckmäßigkeit und Anpassung. Natürliche und künstliche Zuchtwahl. Unzweckmäßigkeiten. Die sexuelle Zuchtwahl. Die korrelativen Variationen. Die Nägelische Vervollkommnungsteorie. Die Beseelungslehre. Die Germinalselektion. Kritik der Adoptionstheorie. Die geschlechtliche Vermehrung und das Sterben vor Alter. Beschränkte Wirkung der Selektion. Die Mutationstheorie. Selektion und Mutation. Ein Blick auf die Entwicklungsgeschichte der lebenden Natur.

Prospekte unentgeltlich und postfrei.

Verlag von Quelle & Meyer
:: in Leipzig ::

Wissenschaft und Bildung

Einzeldarstellungen aus allen Gebieten des Wissens

Geheftet 1 Mark

Im Umfange von 124 bis 196 Seiten.
Herausgegeben
von Privat-Dozent Dr. Paul Herre.

Orig.-Bd. 1.25 Mark

Die Sammlung bringt aus der Feder unserer berufensten Gelehrten in anregender Darstellung und systematischer Vollständigkeit die Ergebnisse wissenschaftlicher Forschung aus allen Wissensgebieten.

Sie will den Leser schnell und mühelos, ohne Fachkenntnisse vorauszusetzen, in das Verständnis aktueller, wissenschaftlicher Fragen einführen, ihn in ständiger Fühlung mit den Fortschritten der Wissenschaft halten und ihm so ermöglichen, seinen Bildungskreis zu erweitern, vorhandene Kenntnisse zu vertiefen, sowie neue Anregungen für die berufliche Tätigkeit zu gewinnen.

Die Sammlung „Wissenschaft und Bildung" will nicht nur dem Laien eine belehrende und unterhaltende Lektüre, dem Fachmann eine bequeme Zusammenfassung, sondern auch dem Gelehrten ein geeignetes Orientierungsmittel sein, der gern zu einer gemeinverständlichen Darstellung greift, um sich in Kürze über ein seiner Forschung ferner liegendes Gebiet zu unterrichten.

Aus Urteilen:

„Die Ausstattung der Sammlung ist einfach und vornehm. Ich hebe den guten und klaren Druck hervor. In gediegenem sauberen Leineneinband stellt die Sammlung bei dem mäßigen Preis eine durchaus empfehlenswerte Volksausgabe dar."
W. C. Gomoll. Die Hilfe, 17. November 1907.

„Bei Anlage dieses weitumfassenden Werkes haben Verleger und Herausgeber damit einen sehr großen Wurf getan, daß es ihnen gelungen ist, zumeist erste akademische Kräfte zu Mitarbeitern zu gewinnen."
Straßburger Post 1907.

„Ich rate jedem, der sich für die betreffenden Gebiete der Naturwissenschaft interessiert, und nach einem leichtverständlichen, aber zugleich wissenschaftlich exakten Einführungswerk sucht, zur Anschaffung dieser Bändchen. Ich wüßte keine besseren Werke zu solchem Zwecke zu nennen."
K. Blätter f. Aquarien- u. Terrarienkunde, Heft 29, 19. Jahrg.

„Der Kreis derer also, die als Benutzer dieser Sammlung in Betracht kommen, ist unbegrenzt; er umfaßt jeden, der für eigenes Urteilen über ihm bisher unbekannte oder wenig geläufige Fragen eine sichere Grundlage gewinnen und zu reiferer Erkenntnis durchdringen will."
K. T. Tägliche Rundschau. Nr. 40. 1908.

An den Jordanquellen. Aus Löhr, Volksleben im Lande der Bibel.

Religion

David und sein Zeitalter. Von Prof. Dr. B. Baentsch. 8°. 176 S. Geheftet Mark 1.— In Originalleinenband Mark 1.25

„Das Buch ist ein wohlgelungener Versuch, die Gestalt des Königs David vor den Augen des modernen Menschen wieder aufleben zu lassen .... Allen Freunden kulturgeschichtlicher und religionsgeschichtlicher Betrachtungen sei es bestens empfohlen. Es eignet sich außer zum Selbstudium auch zum Vorlesen in Haus und Vereinen."

Kirchliches Wochenblatt. Nr. 46. 11. Jahrgang.

Die babylonische Geisteskultur. Von Prof. Dr. H. Winckler (vergl. Geschichte).

Die Poesie des Alten Testaments. Von Prof. Dr. E. König. 8°. 164 S. Geh. Mk. 1.— In Originallbd. Mk. 1.25

„Der Verfasser ist in den Geist des A. T. wie wenige eingedrungen. Rhythmus und Strophenbau schildert er zuerst, charakterisiert sodann die alttestamentliche Poesie nach Inhalt und Geist, gruppiert sie nach den Seelentätigkeiten, denen sie ihre Entstehung verdankt, analysiert die epischen, didaktischen, lyrischen und dramatischen Dichtungen des A. T. und führt in die Volksseele des Judentums ein."

Homiletische Zeitschrift „Dienet einander." 1907.

Volksleben im Lande der Bibel. Von Prof. Dr. M. Löhr. 8°. 138 Seiten mit zahlreichen Städte- und Landschaftsbildern. Geheftet Mark 1.— In Originalleinenband Mark 1.25

„... Verfasser gibt auf Grund eigener Reisen und genauer Kenntnis der Literatur eine Charakteristik von Land und Leuten, schildert das häusliche Leben, die Stellung und das Leben des Weibes, das Landleben, das Geschäftsleben, das geistige Leben, und schließt mit einem Gang durch das moderne Jerusalem .... Wer die Eigenart und Bedeutung des heiligen Landes kennen lernen will, wird gern zu diesem empfehlenswerten, flottgeschriebenen Büchlein greifen.“ (Ev. Gemeindebote. 5. Jg.)

Das Christentum. Fünf Vorträge von Prof. Dr. C. Cornill, Prof. Dr. E. von Dobschütz, Prof. Dr. W. Herrmann, Prof. Dr. W. Staerk, Geheimrat Prof. Dr. E. Troeltsch. 168 S. Geheftet Mark 1.— In Originalleinenband Mark 1.25

„Die vorliegenden gedankenreichen und inhaltsschweren Vorträge ... beabsichtigen die Entwicklung der israelitisch-christlichen Religion als einen geschichtlichen Werdeprozeß im Leben des menschlichen Geistes zu schildern.“ Prof. Dr. H. Holtzmann, Baden. Deutsche Lit.-Ztg. Nr. 49. 1908.

Inhalt: Israelitische Volksreligion und die Propheten. Griechentum und Christentum. Judentum und Hellenismus. Luther und die moderne Welt. Die religiöse Frage der Gegenwart.

Christus. Von Prof. Dr. O. Holtzmann. 8°. 152 Seiten. Geheftet Mark 1.— In Originalleinenband Mark 1.25

„Mit einer wunderbaren Ruhe, Klarheit und Überzeugungskraft faßt H. die Stücke zu einem abgerundeten, einheitlichen Bilde zusammen, die für die Jesusforschung bedeutsam waren und als ihr Reinertrag bezeichnet werden können.“ K. Koch. (L. Bl. z. Pd. Ztg. 07.)

Aus dem Inhalt: Das Christentum in der Geschichte. — Volk und Heimat Jesu. — Quellen des Lebens Jesu. — Glaubwürdigkeit der drei ersten Evangelisten. — Geschichte Jesu. — Das Evangelium Jesu. — Der Sünderheiland. — Die Glaubenstatsachen des Lebens Jesu. — Erlöser, Versöhner, Messias.

Paulus. Von Professor Dr. R. Knopf. 8°. 127 Seiten. Geheftet Mark 1.— In Originalleinenband Mark 1.25

Die große Gestalt des Paulus, der, alle seine Mitarbeiter in den Schatten stellend, im Urchristentum aufragt, bildet den Gegenstand dieses Bändchens. Nach einer Einführung in die Quellen werden behandelt: 1. Paulus vor seiner Bekehrung; 2. die Bekehrung und die Anfänge der Missionsarbeit; 3. die große planmäßige Weltmission; 4. die Gefangennahme in Jerusalem und die Überlieferung über die letzten Lebensjahre des Apostels; 5. der Kampf, den Paulus mit den judaistischen Gegnern um sein Lebenswerk führen mußte; 6. Paulus und seine Mission; 7. seine organisatorische Tätigkeit an den Gemeinden. 8. Seine Theologie und Frömmigkeit.

Die evangelische Kirche und ihre Reformen. Von Prof. Dr. F. Niebergall. 167 S. Geh. M. 1.— In Origb. M. 1.25

„Ich wüßte nicht, wie diese zarte und schwierige Aufgabe glücklicher angegriffen und gelöst werden könnte, als es von Niebergall geschieht. Er hat den Theologen ausgezogen, als er die Feder ergriff, und doch verrät jede Seite die gründlichste Kenntnis der geschichtlichen Bedingungen und der gegenwärtigen Lage der Kirche. In seiner Schreibart paßt er sich völlig der Ausdrucksweise gebildeter Laien an und weiß die Probleme ohne alle technische Terminologie klar und plastisch zu bezeichnen. Die Formulierung hat oft etwas herzerfrischend Drastisches." Erich Foerster. Die christliche Welt. Nr. 31. 1909.

„Durch diesen Inhalt ist das Büchlein unter der großen Flut von Schriften, die sich mit Kirche und Religion jetzt beschäftigen, augenblicklich einzigartig." Lic. Wielandt-Heidelberg. Heidelb. Ztg. 1. Dez. 1908.

Sabbat und Sonntag. Von Prof. Dr. H. Meinhold. 126 S. Geheftet Mark 1.— In Originalleinenband Mark 1.25

Aus dem Inhalt: Der Sabbat in Babylonien und in Altisrael. Die Entstehung des jüdischen Sabbats in der babylonischen Gefangenschaft. Die Einführung des Sabbats in der jüdischen Gemeinde nach der Verbannung und seine Durchführung. Die Entstehung des Sonntages. Jesus und der Sabbat. Der Sabbat und die ersten Gemeinden. Paulus und der Sabbat. Die siebentägige Woche. Die Geschichte des Sonntags in der Kirche. Die alte Kirche. Die Kirche des Mittelalters. Die Reformation und der Sonntag. Der Sonntag in den reformierten Kirchen der nachreformatorischen Zeit. Der Sonntag in der lutherischen Kirche der nachreformatorischen Zeit.

Das Christentum im Weltanschauungskampf der Gegenwart. Von Professor Dr. A. W. Hunzinger. 154 S. Geheftet Mark 1.— In Originalleinenband Mark 1.25

Welches sind die Gründe für die akute Weltanschauungskrisis der Gegenwart und welche Berechtigung ist ihr zuzusprechen? Diese Fragen werden in dem vorliegenden Werke klar und erschöpfend beantwortet. Nach einer historischen Einleitung, die die Entstehung der gegenwärtigen religiösen Krisis in ihren wesentlichen Motiven schildert, legt der Verfasser in scharfen Umrissen die Grundzüge der christlichen Weltanschauung dar. Es folgt sodann die kritische, theoretische und praktische Auseinandersetzung zwischen der christlichen und den hauptsächlichsten modernen Weltanschauungen, insbesondere mit der materialistischen und energetischen, den verschiedenen Formen der idealistischen und endlich der pessimistischen Weltanschauung. Den Abschluß bildet eine Rechtfertigung des Christentums gegenüber der modernen religionsgeschichtlichen Betrachtungsweise.

Philosophie und Pädagogik

Die Weltanschauungen der Gegenwart in Gegensatz und Ausgleich. Von Prof. Dr. C. Wenzig. 8⁰. 158 Seiten. Geheftet Mark 1.— In Originalleinenband Mark 1.25

„Ein vortreffliches inhaltreiches Büchlein, mit wissenschaftlich-philosophischer Strenge geschrieben, das infolge seiner leichtverständlichen Darstellungsweise von einem größeren Publikum mit Erfolg gelesen werden kann. Der Verfasser stellt sich die Aufgabe, die Entwicklung der verschiedenen Weltanschauungen historisch-kritisch zu beleuchten und zu zeigen, wie die Gegensätze in ihnen durch falsche Anwendung an sich richtiger Prinzipien entstanden sind."

J. Köbler. Archiv f. d. ges. Psychologie. Bd. XI. 2.

„In der vorliegenden Arbeit ergreift nun ein Meister philosophischer Darstellungskunst den Taktstock. Wir lauschen seinen Darbietungen, die uns innerlich bereichern an Welt- und Lebenskenntnis, hier Dissonanzen auflösen, dort ein harmonisches Weltbild gestalten. Mit psychologischem Rüstzeug bahnt uns Wenzig den Weg in die so verschlungenen Pfade der einzelnen philosophischen Systeme, die bei aller Divergenz doch schließlich einmünden in das Ziel: Verdeutlichung des Bewußtseinsinhaltes . . . . Das Bändchen sei bestens empfohlen." Pädagog. Zeitung. Nr. 4. 34. Jahrg.

Einführung in die Ästhetik der Gegenwart. Von Prof. Dr. E. Meumann. 8⁰. 154 Seiten. Geheftet Mark 1.— In Originalleinenband Mark 1.25

„Deshalb wird man eine so klar geschriebene kurze Zusammenfassung aller ästhetischen Bestrebungen unserer Zeit mit lebhafter Freude begrüßen müssen. Die gesamte einschlägige Literatur wird vom Verfasser beherrscht. Man merkt es seiner elegant geschriebenen Darstellung an, wie sie aus dem Vollen schöpft. Gerade für den, der in die behandelten Probleme tiefer eindringen will, wird Meumanns Werkchen ein unentbehrlicher Führer sein."

Straßburger Post, 6. Dez. 1907.

„Es werden darin die Hauptprobleme der Ästethik und ihrer Methoden, nach denen sie behandelt werden, dargelegt. Jeder, der sich mit diesem Gegenstande befaßt, muß zu dem vorliegenden Buche greifen, denn eine Autorität wie Meumann kann nicht übergangen werden." Schauen und Schaffen, 2. Februarheft, Jahrgang XXXV.

Das System der Ästhetik. Von Prof. Dr. E. Meumann. 8⁰. Geheftet M. 1.— In Originalleinenband M. 1.25

„Während der Leser in der „Einführung" die Hauptprobleme der Ästhetik und ihrer Methoden, nach denen sie behandelt werden, kennen lernt, gibt der Verfasser hier eine Lösung dieser Probleme, indem er seine Anschauungen in systematischer, zusammenhängender Form darlegt.

Einführung in die Psychologie. Von Prof. Dr. H. Dyroff. 139 S. Geh. Mark 1.— In Originalleinenband Mark 1.25

„Dyroff versteht es mit großem Geschick, aus den Forschungsgebieten der Psychologie diejenigen engeren Bezirke herauszuschälen, bei denen sich ohne innere Schwierigkeiten die bisher gewonnenen Grundbegriffe bewähren und alle theoretischen Fragezeichen an die Grenze abschieben lassen." Max Ettlinger. Deutsche Literaturzeitung. Nr. 20. 1909.

„Das kleine Werk von Professor Dyroff, das seine Entstehung psychologischen Vorträgen im Zyklus der Bonner Volkshochschulkurse verdankt, kann als erste Einführung und Anregung jedem Unbewanderten empfohlen werden."
Fr. Berlage. Pädagog.-psycholog. Studien. Nr. 1. 10. Jahrg.

Charakterbildung. Von Privatdozent Dr. Th. Elsenhans. 8°. 143 S. Geheftet Mark 1.— In Originalleinenband Mark 1.25

„Die Abhandlung über Charakterbildung von Professor Elsenhans-Heidelberg kann zur Dyroffschen „Einführung in die Psychologie" als Ergänzung betrachtet werden, welche vom psychologischen Gebiet aufs pädagogische hinüberführt. Das Werkchen von Elsenhans ist aber auch ohne psychologische Vorkenntnisse durchaus verständlich und wird jedem Pädagogen eine Fülle von Anregungen bieten ..... Das Buch vereinigt in so einzigartiger Weise Reichhaltigkeit des Stoffes mit klarer und verständlicher Darstellung, daß jeder Gebildete, vor allem jeder Pädagoge, viel Genuß und Förderung aus der Lektüre gewinnen wird." Pädagog.-psychol. Studien. No. 1. X. Jahrg.

Prinzipielle Grundlagen der Pädagogik und Didaktik. Von Prof. Dr. W. Rein. Geheftet Mark 1.— In Originalleinenband Mark 1.25

Sich in den großen Problemen und Aufgaben des Lebens zurechtzufinden und zu ihnen eine feste gesicherte Stellung zu gewinnen, ist die Pflicht jedes denkenden Erziehers wie auch aller derer, die an der Volkserziehung im weitesten Sinne und im großen Zuge teilzunehmen sich genötigt fühlen. Ein Führer hierbei will das vorliegende Buch unseres Meisters der Pädagogik sein. Es geht im ersten Kapitel von der Unterscheidung zwischen Bildungsidealen und Erziehungsziel aus, knüpft im zweiten an den Streit zwischen relativer und absoluter Ethik an, um zu der Forderung zu gelangen, absolute Normen als Grundlagen und Richtlinien aufzustellen. Daraus wird im dritten Kapitel das Erziehungsziel entwickelt, das maßgebend für den Geist der erzieherischen Arbeit ist. Durch Beziehung auf den Begriff des Charakters geht die Schrift im vierten Kapitel auf eine übersichtliche Darstellung der Individual- und Sozialideen ein, und behandelt im fünften Kapitel: 1. den Glauben an den stetigen Fortschritt der Menschheit und 2. die Möglichkeit der Beeinflussung der Entwicklung der Jugend. Damit sind die theoretischen Grundlagen für die Erziehung und den Unterricht geschaffen.

Praktische Erziehung. Von Direktor Dr. A. Pabst. 8°. 123 S. mit zahlr. Abb. Geh. M. 1.— In Originalleinenband M. 1.25

„Vergnügt klappte ich das Buch zu — die Sonne hatte mir geschienen. Ich rate den Lehrern und Erziehern, die Schrift eingehend zu studieren. Die Reformbewegung auf dem Gebiete der Volksschule wird hier allseitig beleuchtet und klar dargetan, daß die Handarbeit ein notwendiges Glied aller gesunden Reformbestrebungen ausmachen muß. Ich wünsche dem Buche gute Aufnahme." Schweiz. Blätter f. Knabenhandarbeit. Nr. 11. 1908.

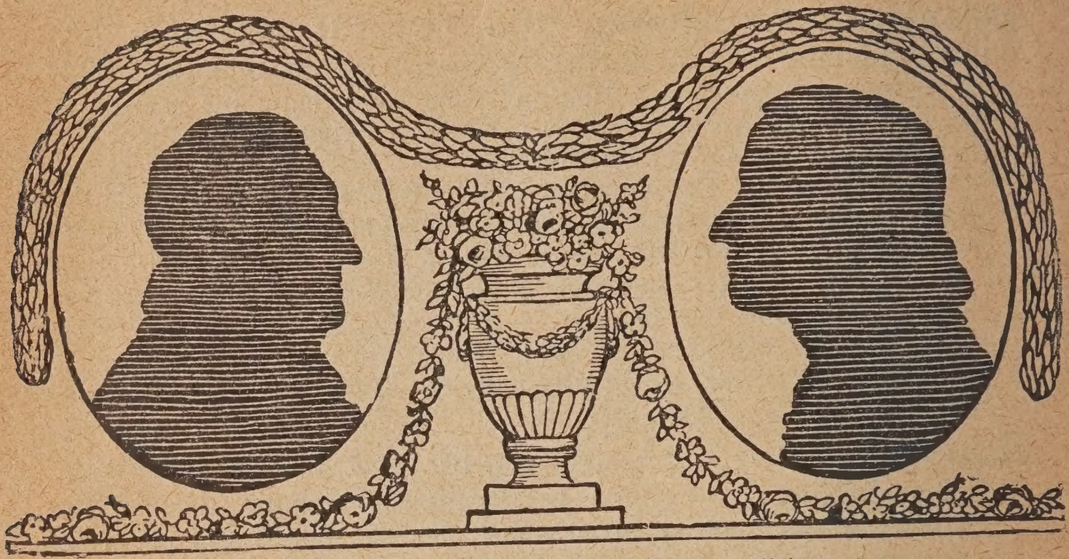
Aus dem Inhalt: Anfänge, Ziele, Macht und Grenzen der Erziehung. — Zögling und Erzieher. — Spiel und Beschäftigung. Kindergarten. — Die Schule. — Zeichnen, Handarbeiten 2c. — Erweiterung der Aufgabe der Schule. — Arbeitsschule. — Arbeitsmaterial der Schule und Hilfsschule. — Schule und Leben.

Rousseau. Von Prof. L. Geiger. 8°. 131 S. mit einem Porträt. Geheftet Mark 1.— In Originalleinenband Mark 1.25

„Der Verfasser zeichnet in fesselnder, leichter Gesprächssprache das Leben und Schaffen des großen Franzosen, geht besonders auch den Personen und Einwirkungen nach, denen Rousseau manche Idee zu einem Teil verdankt; seine Schriften werden in kurzen Hauptskizzen geboten, seine Stellung zu Theater und Musik gewürdigt, die Frauen aus R.'s Umgangskreis genauer betrachtet, ferner sein Leben in seiner Zeit und seiner Stellung zu den Größen jener Epoche dargetan. Kurz es ist ein echtes Volksbuch, das uns gefehlt hat, und wird eine Lücke in der Volksliteratur ausfüllen."

K. O. Leipacher. Die Hilfe Nr. 3. 1909.

Aus Pabst. Handarbeitsunterricht im „Manual Training Centre" einer Londoner Volksschule.



Schiller und Goethe. Aus Lienhard, Klass. Weimar.

Sprache • Literatur • Kunst

Unser Deutsch. Einführung in die Muttersprache. Von Geh. Rat Professor Friedrich Kluge. 8⁰. 152 Seiten. Geheftet Mark 1.— In Originalleinenband Mark 1.25

„In jedem der zehn Essays erkennen wir den hervorragenden Gelehrten der hoch über der Sache steht, der überall aus dem Vollen schöpft und mit vollendeter Darstellungskunst die Ergebnisse ernster wissenschaftlicher Forschung in einer Form bietet, die jedem Gebildeten die Lektüre des Buches zu einer Quelle des Genusses macht." Südw. Schulbl. Nr. 2, 1907.

Lautbildung. Von Prof. Dr. Sütterlin. 191 S. mit zahlr. Abbild. Geheftet M. 1.— In Originalleinenband M. 1.25

„Jeder Lehrer einer lebenden Sprache muß sich wenigstens über die Grundtatsachen der Phonetik klar sein, wenn er eine richtige Aussprache der zu lehrenden Sprache in pädagogisch zweckmäßiger Weise seinen Schülern beibringen will... Eine ganz vortreffliche Orientierung bietet nun Sütterlin mit dem vorliegenden Büchlein, das aus Vorlesungen für Lehrer und Lehrerinnen hervorgegangen ist. Der behagliche Fluß der mündlichen Rede vereinigt sich mit Klarheit und Anschaulichkeit der Darstellung, so daß auch der Fernerstehende mit Verständnis folgen kann. Fremdartige wissenschaftliche Ausdrücke werden möglichst vermieden, gut gewählte und oft amüsante Beispiele aus dem Deutschen und seinen Dialekten unterstützen die theoretischen Ausführungen." Marburg i. Harz.

Univ.-Prof. Dr. Albert Thumb. Frankfurter Zeitung. Nr. 339. 1908.

Der Sagenkreis der Nibelungen. Von Prof. Dr. G. Holz. 8°. 132 S. Geheftet Mark 1.— In Originalleinenband Mark 1.25

Verfasser behandelt die über die ganze germanische Welt des Mittelalters, besonders über Deutschland und Skandinavien verbreiteten, vielbesungenen Erzählungen von Siegfrieds Heldentum und Tod, sowie von dem ruhmreichen Untergange des Burgundenvolkes durch die Hunnen. Entstehung und Weiterbildung der Sage werden geschildert, ein Einblick in die Quellen gewährt und die nordische wie germanische Überlieferung auf Form und Inhalt untersucht.

„Es ist ein Genuß, die beweiskräftigen und scharfsinnigen Ausführungen zu lesen." M. A. Lau. Schul-Museum, 4. Jg. Nr. 6.

Lessing. Von Geheimrat Prof. Dr. Werner. 159 Seiten. Geheftet Mark 1.— In Originalleinenband Mark 1.25

„Eine besondere Stärke des Buches liegt in seiner Anschaulichkeit, die durch geeignete, in ihrer Knappheit überaus geschickt gewählte Selbstzeugnisse Lessings, sei's aus den Werken oder Briefen, warm belebt wird. Man fühlt, wie der Darsteller überlegen mit seinem Stoff förmlich spielt, mit leisem ironischen Einschlag; man erfreut sich daran, wie er scheinbar tändelnd, induktiv eingekleidet, mit nachlässiger Grazie die Ergebnisse seiner Forschung entfaltet. Und das ist gerade recht lessingisch! .... Will man den Gesamteindruck dieses Lessingbüchleins zusammenfassen, so läßt sich dies am besten in die Hoffnung schließen, daß es sich als Muster eines populär-wissenschaftlichen Lebensbildes eines unserer bahnbrechenden Dichter und Denker aus bedeutungsvoller Zeit recht zahlreiche Leser und Freunde erwerbe."

Joh. Georg Sprengel. Frankfurter Zeitung. Nr. 339. 1903.

Das klassische Weimar. Von Friedrich Lienhard. 161 S. mit Buchschmuck. Geh. M. 1.— In Originalleinenbd. M. 1.25

„Und das Herz kann einem warm werden, wenn man die stilistisch glänzende Ausführung liest. Ein vielbelesener Literarhistoriker redet, aber man erkennt zugleich den aus den Tiefen eines abgeklärten Selbst schöpfenden Poeten. Ein billiges aber ganz wundervolles deutsches Hausbuch." Leipziger Neueste Nachrichten. 24. November 1908.

Aus dem Inhalt: Deutschlands geistige Mission. — Das revolutionäre und philosophische Jahrhundert. — Friedrich der Große. — Rousseau, Klopstock und die Gefühlsbewegung. — Lessing und die Aufklärung. — Herder und die Volkspoesie. — Von Kant zu Schiller. — Schiller. — Weimar aus der Vogelschau. — Schiller und Goethe. — Goethe. — Das klassische Ideal der Zukunft.

Heinrich von Kleist. Von Prof. Dr. H. Roetteken. 8°. 152 S. Mit einem Porträt des Dichters. Geh. Mark 1.— Geb. Mark 1.25

„Verfasser gehört seit langem zu den besten Kennern unseres großen Dichters .... Die in jeder Hinsicht von tiefem psychologischen Verständnis und feinem ästhetischen Empfinden getragene Darstellung sei hiermit allen Freunden unserer Literatur auf das wärmste empfohlen."

Badische Schulzeitung, 21. Dez. 1907.

Grundriß der Musikwissenschaft. Von Prof. Dr. phil. et mus. Hugo Riemann. 8⁰. 160 S. Geh. Mark 1.— In Originalleinenband Mark 1.25

„Ein phänomenales Büchlein — auf 160 Seiten eine zusammenfassende, in bewunderungswürdiger Übersichtlichkeit aufgerollte Darstellung der gesamten Musikwissenschaft, eine Enzyklopädie von nie dagewesener Konzentration eines ungeheuren Stoff- und Ideengebietes! Der berühmte Leipziger Musikgelehrte behandelt in dieser seiner erstaunlichen Arbeit den ganzen Komplex von Wissenschaften, die dienend oder selbständig bei ihrem Zusammenschluß die moderne Musikwissenschaft bilden . . . . Beiden, Musiker wie Musikfreund, kann Riemanns Grundriß der Musikwissenschaft als ein Buch von starkem Bildungswert nicht warm genug empfohlen werden." Hamburger Nachrichten, Nr. 30, 1908. F. Pf.

Beethoven. Von Prof. Dr. Herm. Freih. von der Pfordten. 8⁰. 151 S. Mit einem Porträt des Künstlers von Prof. Stuck. Geheftet Mark 1.— In Originalleinenband Mark 1.25

„Einen Wegweiser zu Beethovens künstlerischer und menschlicher Größe möchten wir dieses köstliche kleine Werk nennen. Es ist von einem geschrieben, dem es ernst ist mit der Kunst und der es verstanden, Beethovens titanische Größe zu würdigen. Der Leser findet hier nicht nur eine treffliche Charakteristik dieser gewaltigen Persönlichkeit, sowie eine kurze Erzählung seines Lebens, sondern vor allem eine wertvolle Einführung in seine Werke." Die Instrumentalmusik, Nr. 10, 8. Jahrg.

„Ein populär gehaltenes Buch über einen gewaltigen Stoff zu schreiben, ist nicht so leicht, wie vielleicht der Laie glaubt; um so mehr ist von der Pfordten zu beglückwünschen: es ist ihm gelungen, wirklich für Leser aus den verschiedensten Kreisen zu schreiben und dabei doch dem großen Stoff die Treue zu halten. Jeder Beethovenfreund, sowie jeder Freund der Kunst überhaupt kann seine helle Freude darüber haben." Dr. Egon v. Komorzynski. Die Musik. 1. Aprilheft 1908.

Mozart. Von Prof. Dr. Herm. Freih. von der Pfordten. 8⁰. 159 S. Mit einem Porträt des Künstlers v. Doris Stock. Geheftet Mark 1.— In Originalleinenband Mark 1.25

„Kurz, wir haben hier einen vortrefflichen Wegweiser zum Verständnis Mozartscher Kunst, der uns Mozarts Bedeutung nicht nur in historischer Würdigung, sondern in unmittelbarem Gefühlsverständnis erschließt und uns befähigt, ihn nicht nur als Klassiker zu bewundern, sondern auch als Menschen liebend zu besitzen." Die Schweiz. Nr. 23. 1908. 12. Jahrgang.

„. . . . . die wir allen denen auf das wärmste empfehlen, die des großen Meisters Kunst lieben und verehren, die ihm Stunden der Weihe und des Genusses verdanken. Sie ist eine der gediegensten Arbeiten von kleinerem Umfang, die uns auf diesem Gebiet bis jetzt unter die Hände gekommen sind." Nationalzeitung, Nr. 44, 1908. E. Th. M

Richard Wagner. Von Dr. Eug. Schmitz. 150 S. mit Porträt. Geheftet Mark 1.— In Originalleinenband Mark 1.25

Als äußere Einteilung liegen dem Buche die Hauptperioden in Wagners Leben zu Grunde. Die fünf Kapitel tragen die Überschrift: Jugendzeit und Jugendwerke. Entwicklung zur Reife. — Hofkapellmeister in Dresden: Rienzi. Holländer. Tannhäuser. Lohengrin. — Im Exil: Wagner als Theoretiker. Der Ring des Nibelungen. Tristan. — Unter königlichem Schutz: Die Meistersinger von Nürnberg. — Die Bayreuther Festspiele: Parsival. — Durch psychologische, technische und historische Analysen sucht Verfasser seinen Lesern das Verständnis für des Meisters Werke zu erschließen. Nicht nur Wagner den Musiker, sondern Wagner den großen Dramatiker, dem sich Ton und Wort in gleicher Weise zur Verwirklichung seiner künstlerischen Ideen anbieten, weiß er uns nahe zu bringen, der in seiner genialen Doppelbegabung ein in der tausendjährigen Entwicklungsgeschichte unserer Kultur einzig dastehendes Phänomen ist.

Volkswirtschaft und Bürgerkunde

Volkswirtschaft und Staat. Von Prof. Dr. C. Kindermann. 8°. 128 S. Geh. M. 1.— Originalleinenbd. M. 1.25

Die theoretische und praktische Behandlung dieser Wechselwirkung gehört zu einem der wichtigsten Gebiete der allgemeinen Bildung; denn wir müssen ständig zu diesen Fragen Stellung nehmen, sei es von Berufswegen oder zwecks Ausübung der bürgerlichen Pflichten, in Parlament und Partei sowie sonst in der Öffentlichkeit. — „Welches ist die Stellung des Staates zur Volkswirtschaft im Laufe der Jahrhunderte? Wie arbeitet die Volkswirtschaft mit an staatlichen Zielen im allgemeinen und speziell im Etatswesen. Welches ist anderseits die Mitwirkung des Staates an der volkswirtschaftlichen Tätigkeit entweder direkt durch Eigenproduktion oder indirekt im Wege allgemeinen Ordnens und Pflegens, sowie durch Förderung der einzelnen Stände." Diese Fülle von Fragen wird hier in knappen, großen Zügen von einem einheitlichen Gesichtspunkte aus behandelt.

Politik. Von Prof. Dr. Fr. Stier-Somlo. 8°. 170 Seiten. Geheftet Mark 1.— In Originalleinenband Mark 1.25

Wesen und Zweck, Rechtfertigung und typischer Wandlungsprozeß des Staates, seine natürlichen und sittlichen Grundlagen mit Hinblick auf geographische Lage, Familie, Ehe, Frauenfrage und Völkerkunde. Staatsgebiet, Staatsvolk und Staatsgewalt mit ihrem reichen Inhalt, Staatsformen und Staatsverfassungen werden geprüft und gewertet.

„Eine Fundgrube von unentbehrlichen, allgemein-politischen Kenntnissen, die dadurch an Wert gewinnen, daß alle seine Darlegungen ebenso leichtverständlich gefaßt sind, wie sie wissenschaftlich tief begründet sind!"

Regierungsrat Professor Dr. A. Lotz. Preuß. Verwaltungsbl. Jg. 28 Nr. 41.

Unsere Kolonien. Von Wirkl. Legationsrat Dr. H. Schnee, Vortragender Rat im Kolonialamt. 196 S. Geheftet Mark 1.— In Originalleinenband Mark 1.25

„Der Leser findet hier vor allem das vom wirtschaftlichen Gesichtspunkt Wesentliche, auf amtliches Material gegründete Angaben über den gegenwärtigen Stand der Besiedlung und der Plantagenwirtschaft, des Bergbaues, des Handels und der Eingeborenenproduktion, des Eisenbahnbaues, der Finanzen und der Verwaltungsorganisation unserer Schutzgebiete." Deutsches Kolonialblatt. Nr. 17. XIX. Jahrgang.

„Das klar und anregend geschriebene Buch ist hervorragend geeignet, weite Kreise in die Fragen unserer Kolonialpolitik einzuführen."
Kieler Neueste Nachrichten. 16. Aug. 1908.

Die Deutsche Reichsverfassung. Von Geh. Rat Prof. Dr. Ph. Zorn. 8°. 126 S. Geh. M. 1.— In Origb. M. 1.25

„Die vorliegende gemeinverständliche Schrift des hervorragenden Bonner Rechtsgelehrten macht den Leser in leichtfaßlicher klarer und prägnanter Darstellung mit dem Wesen der deutschen Reichsverfassung bekannt . . . Als willkommene Beigabe ist dem sehr zu empfehlenden, vom Verlage vorzüglich ausgestatteten und preiswerten Schriftchen ein kurzer Überblick über die Literatur des Reichsstaatsrechts angegliedert."
Literarisches Zentralblatt, Nr. 1, 1908.

„Es ist nicht eine nackte Zusammenfassung von Paragraphen und Grundgesetzen, sondern eine geschichtsphilosophische Studie über die Vorgeschichte des Reiches im Rahmen der Europäischen Entwicklung, über seine Aufrichtung, seinen Staatscharakter und seine Organisation."
Die christl. Frau. 11. Heft. 1908.

Lagerplatz Gams-Gams. Deutsch-Südwest-Afrika. Aus Passarge, Südafrika.

Unsere Gerichte und ihre Reform. Von Prof. Dr. W. Kisch. 8⁰. 171 S. Geheftet Mark 1.— In Originalleinenband Mark 1.25

„Ein prächtiges Büchlein, das Wesen und Aufgabe unserer Gerichte gemeinverständlich darstellt und zu den Reformfragen in so trefflicher, überzeugender und sachlicher Weise Stellung nimmt, daß ich es im Interesse des Ansehens und deren Organe gerne jedem Deutschen in die Hand geben möchte. Das Recht. Nr. 11. 1908.

Die Großstadt und ihre sozialen Probleme. Von Privatdozent Dr. A. Weber. 8⁰. 148 Seiten. Geheftet Mark 1.— In Originalleinenband Mark 1.25

„Das vorliegende Büchlein erweist sich als klar und fesselnd geschriebener Führer durch die Großstadtprobleme. Der Verfasser führt den Leser durch das Familienleben und die Wohnungen der Großstadt, bespricht die Arbeitslosigkeit und Großstadtarmut und schildert die Aufgaben, die auf dem Gebiete der Volksbildung und Volksgeselligkeit noch zu lösen sind. Die Darstellung ist streng objektiv, Licht und Schatten sind gerecht verteilt."

Dr. J. Moses-Mannheim.
Zeitschrift f. Schulgesundheitspflege. Nr. 5. 1908.

Der Mittelstand und seine wirtschaftliche Lage. Von Syndikus Dr. J. Wernicke. 8⁰. 122 Seiten. Geheftet Mark 1.— In Originalleinenband Mark 1.25

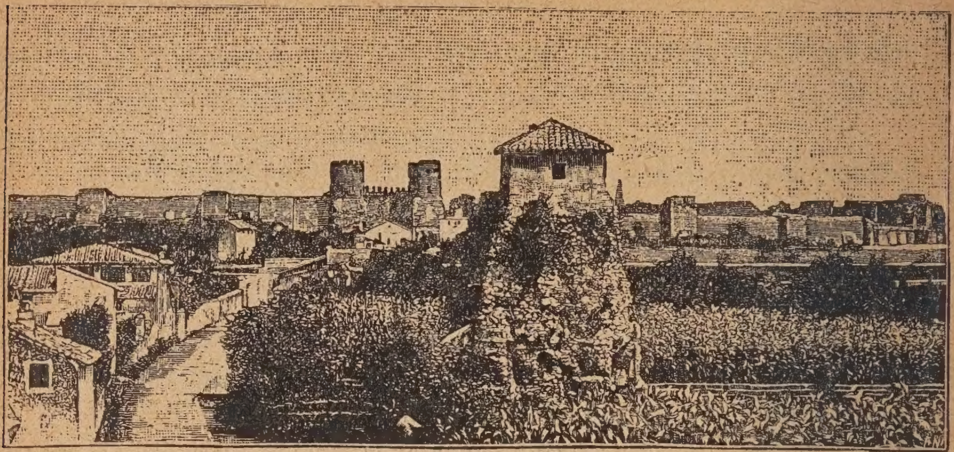
„In einem kleinen handlichen Bändchen . . . führt uns der sachverständige Verfasser in fast alle Fragen des Mittelstandes ein, die in den politischen und wirtschaftlichen Tageskämpfen zur Debatte stehen. Theorie und Praxis kommen dabei gleichmäßig zu ihrem Rechte. Wer sich über Lage und Statistik des Mittelstandes, seine Forderungen, seine Zukunftsaussichten, seine Entwicklung zum neuen Mittelstand und zahlreiche andere wichtige Probleme unterrichten will, dem gibt dieses praktische Büchlein erwünschten Aufschluß. . . . . Wir können das Bändchen aufs wärmste empfehlen."

Whsn. Die Hilfe. 20. Dezember 1908.

Die Frauenbewegung in ihren modernen Problemen Von Helene Lange. 8⁰. 141 S. Geh. M. 1.— Geb. M. 1.25

„Wer sich klar werden will über den organischen Zusammenhang der modernen Frauenbestrebungen, über die man so leicht, je nach zufälligen Erfahrungen, hier zustimmend, dort verdammend, urteilt, ohne sich zu vergegenwärtigen, daß eine die andere voraussetzt, eine mit der anderen in den gleichen letzten Ursachen zusammenfließt . . . der greife zu diesem inhaltsreichen, trefflich geschriebenen Buche."

Elisabeth Gnauck-Kühne. Soziale Kultur. Dezember 1907.



Römische Stadtmauer. Aus Diehl.

Geschichte und Geographie

Die babylonische Geisteskultur in ihren Beziehungen zur Kulturentwicklung d. Menschheit. Von Prof. Dr. H. Winckler. 8⁰. 156 Seiten. Geheftet Mark 1.— Gebunden Mark 1.25

„Das kleine Werk behandelt die Fülle von Material, wie wir es nunmehr zur altorientalischen Weltanschauungslehre besitzen, in übersichtlicher und zugleich fesselnder Weise; es wird jedem Leser, der sich für diese Fragen zu interessieren begonnen hat, ungemein nützlich werden."

C. N. Norddeutsche allgem. Zeitung. Nr. 287. 1908.

Kulturgeschichte Roms. Von Prof. Dr. Th. Birt. 164 S. Geheftet Mark 1.— In Originalleinenband Mark 1.25

Nicht nur ein gründlicher Kenner der Antike, sondern auch ein feinsinniger Schriftsteller führt hier die Feder. Wir schreiten mit ihm durch die Straßen des alten Rom, begleiten ihn in die Bäder, die Tempel, die Theater und die Arena, wohnen rauschenden Festen bei und lernen so Leben jenes Volkes kennen, das so lange die Welt beherrschte.

Das alte Rom. Von Prof. Dr. E. Diehl. Mit zahlr. Abb. und Karten. Geheftet M. 1.— In Originalleinenband M. 1.25

Die Schilderung des Werdens, Blühens und Vergehens des alten Rom von seinen ersten Anfängen bis zum Ende des weströmischen Reiches geht von einer Würdigung der geologischen Beschaffenheit und natürlichen Gliederung des Bodens der römischen Campagna aus. Sie verfolgt die Gründung und das Wachsen der ältesten Siedelungen mit ihren Bauten und Kultstätten, zeigt wie im Verlaufe der Republik und des Imperium sakrale und profane Bauten erstanden, die in Zeiten harter Not den Göttern gelobt oder großen Männern zur Ehr, der Stadt zur Zier errichtet waren, und welche Schicksale sie im Laufe der späteren Entwicklung erfahren.

Grundzüge der Deutschen Altertumskunde. Von Prof. Dr. H. Fischer. 8°. 141 S. Geh. M. 1.— In Origbd. 1.25

„Wer künftig sich darüber unterrichten will, welches die Hauptfragen sind, die die deutsche Altertumskunde zu beantworten hat, welche verschiedene Unterfragen dabei zu berücksichtigen sind, der greife getrost zu Fischers Büchlein. Er wird hier seine Wünsche erfüllen können. Mit diesen Worten ist dem Buche eine Empfehlung erteilt, die man in der Tat sonst keinem anderen Werke der gesamten wissenschaftlichen und populären Literatur auf dem Gebiete der deutschen Altertumskunde zuteil werden lassen kann. Fischer hat Recht, wenn er in dem Vorwort betont, daß es eine andere Darstellung des ganzen Gegenstandes zurzeit nicht gibt . . . ."

Prof. Dr. Lauffer. Frankfurter Zeitung. Nr. 107. 1909.

Mohammed und die Seinen. Von Prof. Dr. H. Reckendorf. 8°. 138 S. Geh. M. 1.— In Originalleinenbd. M. 1.25

„Unter den in jüngster Zeit sich mit erfreulichem Fortschritte mehrenden Darstellungen der islamischen Anfänge für weitere Kreise nimmt dieses Buch eine ganz hervorragende und besondere Stelle ein. Es ist ein Versuch, die sozialen, kulturellen, wirtschaftlichen, politischen und individuellen Grundlagen des beginnenden Islam zusammenhängend zu verdeutlichen. In fließender Darstellung, die die Lektüre des Buches zu einem wirklichen Genusse gestaltet, werden hier die Berichte der verschiedenen islamischen Quellen zum erstenmal in gedrängter, aber durchaus erschöpfender Weise zu einem farbenreichen Bilde geformt."

R. Geyer. Wiener Zeitschrift f. d. Kunde d. Morgenlandes. Bd. XXI.

Die Kultur der Araber. Von Prof. Dr. J. Hell. 154 S. Geheftet Mark 1.— In Originalleinenband Mark 1.25

Ein großzügiges Bild der gesamten materiellen und geistigen Kultur des Islam unter arabischer Herrschaft. Es werden geschildert: Die Kultur der Araber vor dem Islam. Die Keime der neuen Kultur im Werke Mohammeds. Die Bedeutung der Eroberungszüge für die kulturelle Befruchtung des Arabertums durch die Berührung mit den unterworfenen Kulturnationen usw.

Der Kampf um die Herrschaft im Mittelmeer. Von Priv.-Doz. Dr. P. Herre. 180 S. Geh. M. 1.— In Origb. 1.25

Verfasser geleitet den Leser durch die gewaltige Geschichte des Mittelmeergebietes von der ältesten Zeit bis auf die Gegenwart. Das Kommen und Gehen der Völker, die Ablösung der einen Herrschaft durch die andere und die in diesem Wechsel ruhende Bedeutung sind Hauptinhalt der Darstellung. Sie verfolgt nicht die Entwicklung des einzelnen Volkes, sondern richtet den Blick allein auf die allgemeine, den Gesamtraum überspannende Entwicklung und auf die sichtbaren und unsichtbaren treibenden Kräfte, deren Kampf die 4000jährige Geschichte erfüllt und den heutigen Zustand hat emporwachsen lassen.

Eiszeit und Urgeschichte des Menschen.

Von Prof. Dr. J. Pohlig. 8⁰. 149 Seiten mit zahlr. Abbildungen. Geheftet Mark 1.— In Originalleinenband Mark 1.25

„Ein Bild der prähistorischen Eiszeit stellt der Verfasser vor unserem Geiste auf, wie es kürzer und einleuchtender dem Laien wohl selten geboten wurde . . . . Einfach im Stil und doch anregend genug, um selbst Menschen, die sich auf diesem Gebiete der Wissenschaft fremd und unbehaglich fühlen, fesseln zu können"

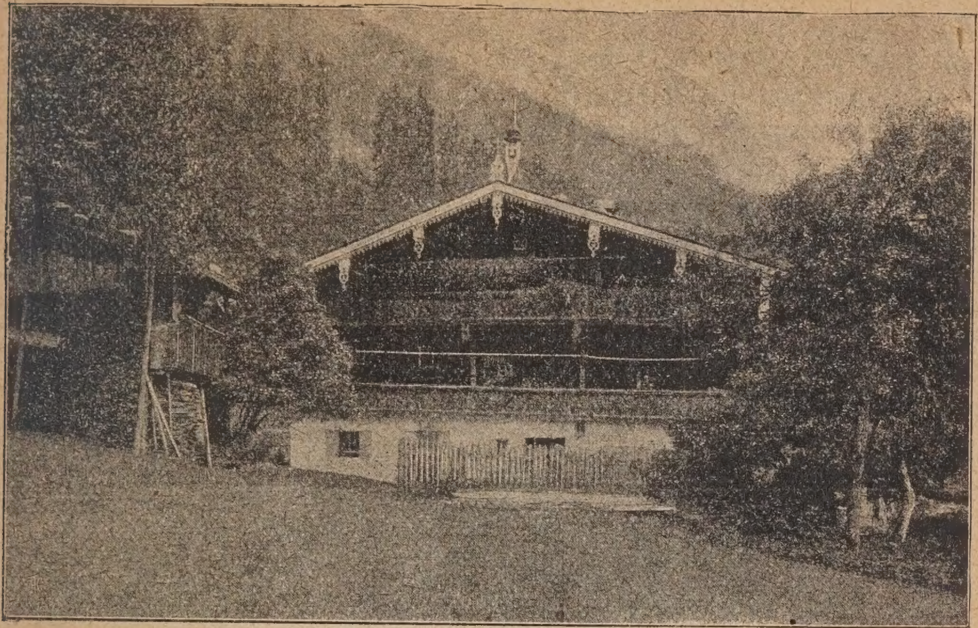
R. M. Schule u. Haus. 16. Jahrg. 14. H.

Die Polarvölker. Aus Byhan.

Die Polarvölker.

Von Dr. H. Byhan, Abteilungsvorstand am Museum für Völkerkunde, Hamburg. 8⁰. 160 Seiten mit zahlreichen Abbildungen. Geh. M. 1.— Originallbd. M. 1.25

Inmitten einer eigenen Welt haben sich bei den zirkumpolaren Völkern jahrtausende alte gesellschaftliche Anschauungen und Gebräuche erhalten, die uns der Verfasser hier auf Grund langjähriger Forschung und eigener Anschauung erzählt. Wir lernen die natürlichen Lebensbedingungen dieser Völker kennen, ihre soziale Stellung, Sitten und Gebräuche, religiösen Vorstellungen, rechtlichen und wirtschaftlichen Verhältnisse, Werkzeuge und Waffen, Schmuck und Kleidung, Wohnung und Verkehrsmittel usw.



Bauernhof im Kaisertal bei Kufstein. Aus Machaček.

Die Alpen. Von Privatdozent Dr. F. Machaček. 8⁰. 151 S. mit zahlreichen Profilen und typischen Landschaftsbildern. Geheftet Mark 1.— In Originalleinenband Mark 1.25

„Es war keine geringe Aufgabe, den gewaltigen Stoff auf 151 Seiten zusammenzudrängen, aber der Verfasser hat sie glücklich gelöst. — Die Darstellung ist sachlich und wissenschaftlich und doch verständlich, die Sprache knapp und schlicht, doch entbehrt sie, namentlich bei der Schilderung landwirtschaftlicher Schönheiten, nicht die innere Wärme. Ein Meisterstück gedrängter, raumsparender Gliederung ist die übersichtliche Topographie der Alpen."

Hermann Ludwig. Frankfurter Zeitung. Nr. 354. 1907.

Naturwissenschaften • Technik Gesundheitslehre

Form und Bau des Tierkörpers unter dem Einfluß der äußeren Daseinsbedingungen. Von Priv.-Doz. Dr. Eug. Neeresheimer. 140 S. mit zahlr. Abb. Geh. M. 1.— In Origbd. M. 1.25

Verf. führt uns in großen Zügen ein in den inneren Bau, die Entwicklung und die Lebensgeschichte der Tierformen, legt den Bau der verschiedenen Organe, ihre Funktionen und die Gründe für ihre Gestaltung dar, so daß wir die Zweckmäßigkeiten in der Natur, die Anpassungen und die Lebensbedingungen der einzelnen Arten verstehen lernen.

Die Säugetiere Deutschlands. Von Privatdozent Dr. Hennings. 160 Seiten mit zahlreichen Abbildungen. Geheftet Mark 1.— In Originalleinenband Mark 1.25

Keine trockene Aufzählung von Namen und Daten, sondern eine lebensvolle, von biologischen Gesichtspunkten ausgehende Darstellung! Äußere Eigenschaften: Bewegung, Stoffwechsel, Fortpflanzung der wichtigsten Säugetiere Deutschlands werden an Hand zahlreicher Abbildungen geschildert und in ihrer Bedeutung für unsere Heimat gewürdigt.

Verschiedene Vogelfüße. Aus Neeresheimer.

Das Schmarotzertum im Tierreich und seine Bedeutung für die Artbildung. Von Prof. Dr. L. von Graff. 8⁰. 136 S. mit 24 Textfig. Geh. Mark 1.— In Originalleinenbd. Mark 1.25

„Der schon vielfach behandelte Stoff findet hier von einem Meister wissenschaftlicher Forschung eine ausgezeichnete klare Darstellung, wobei besonders die allgemeinen Fragen, soweit es der beschränkte Umfang gestattet, eingehend berücksichtigt werden."

Prof. Dr. R. Hesse (Tübingen). Monatsheft f. d. nat. Unterricht 1908. Nr. 6.

„Eine derartig klare und anziehende Schilderung des Schmarotzertums im Tierreich kann jedermann rückhaltlos zur Lektüre empfohlen werden, dem zoologischen Fachmanne nicht minder wie dem Laien und nicht zuletzt dem Arzte."

V. Franz.

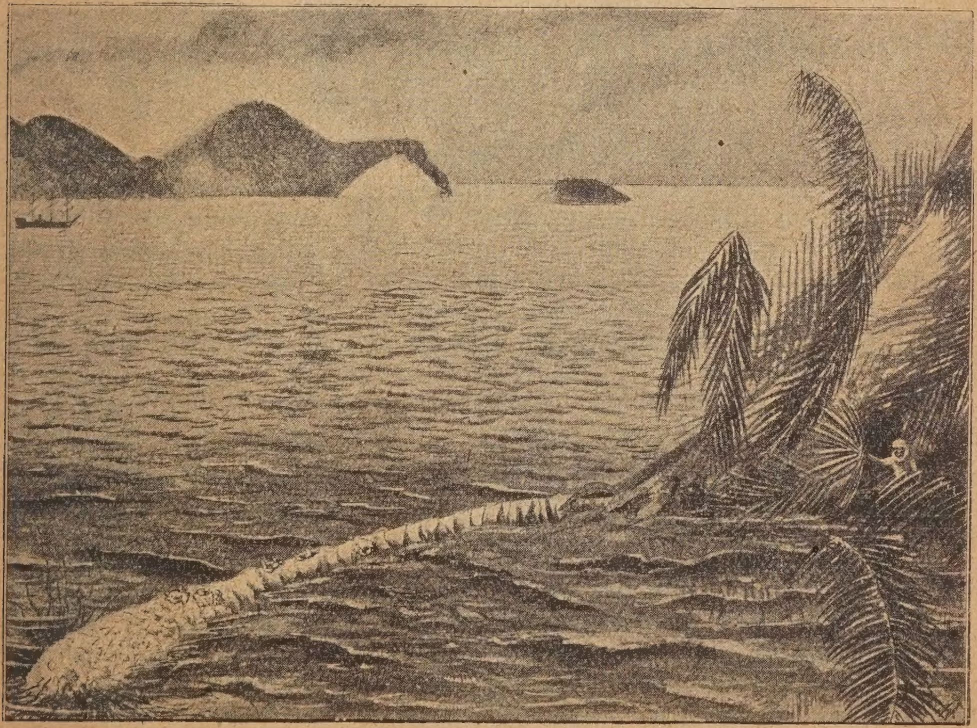
Naturwissenschaftliche Rundschau. Nr. 44. XXII. Jahrgang.

Pflanzengeographie. Von Dr. P. Graebner, Kustos am kgl. bot. Garten der Univ. Berlin. Mit zahlr. Abbildg. Geheftet Mark 1.— In Originalleinenband Mark 1.25

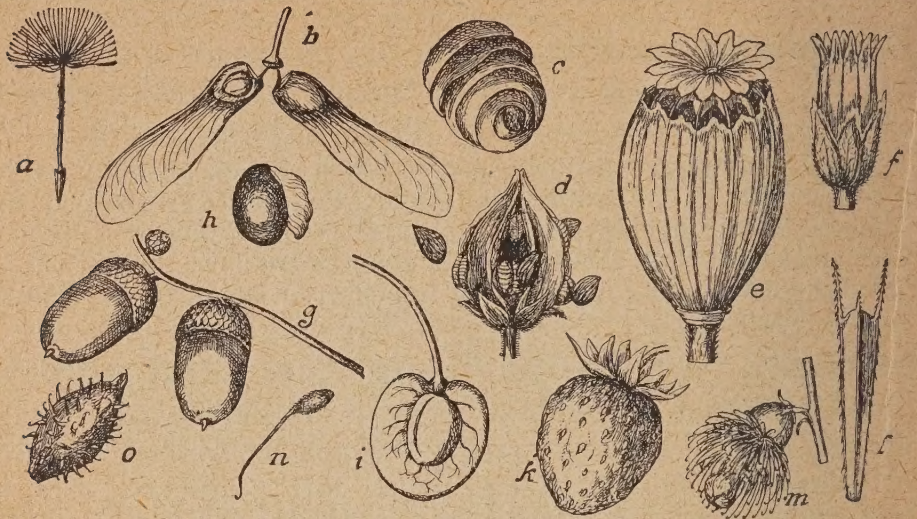
Aus einer knappen Darstellung des ganzen Entwicklungsganges der Pflanzenwelt leitet Verfasser die jetzige Pflanzendecke der Erde ab und schildert daran anschließend die jetzt auf diese Pflanzendecke wirkenden ökologischen Faktoren: Wärme, Feuchtigkeit, Boden usw., durch deren Zusammenwirken dann die eingehend besprochenen eigenartigen Pflanzenvereine Wüste, Steppe, Wald, Heide, Moor usw. zustande kommen.

Anleitung zur Beobachtung der Pflanzenwelt. Von Prof. Dr. F. Rosen. 155 Seiten mit zahlreichen Abbildg. Geheftet Mark 1.— In Originalleinenband Mark 1.25

Mancher hat Interesse für die Wunder der Pflanzenwelt, aber um tiefer in sie einzudringen, fehlt ihm der Führer. Ein solcher will dies Büchlein sein. An Hand zahlreicher Abbildungen leitet es den Leser an, zunächst die Erscheinungen der niederen Pflanzen zu beobachten, um dann in biologisch-historischer Betrachtung zu den immer komplizierteren Formen der höheren Pflanzen überzugehen, so daß sich zugleich der Leser durch eigenes Studium das Gebäude seiner Naturanschauung aufzubauen vermag.



Schwimmende Palme. Aus Graebner.



Verbreitungsmittel der Früchte und Samen. Aus Rosen.
a Frucht eines Korbblütlers mit Pappus; b geflügelte Früchte des Ahorn; c Rollfrucht eines Schneckenklees (Medicago scutellata); d Frucht des Sauerklees (Oxalis), die Samen fortschleudernd; e Mohnkapsel (Papaver), oben geöffnet; f Kapsel des Hornkrautes (Cerastium), bei Regen geschlossen bleibend, bei trockenem Wetter geöffnet; g Eicheln (Quercus) werden von Hähern und Nagern gesammelt und ausgesäet; h Same des Schöllkrautes (Chelidonium) mit „Schwiele"; i Kirsche (Prunus avium) mit Fruchtfleisch und hartem Steingehäuse für den Samen; k Erdbeere (Fragaria vesca) mit fleischigem Fruchtboden, eine Scheinfrucht; l—o Häkelfrüchte: l Zweizahn (Bidens), m Odermennig (Agrimonia), n Nelkenwurz (Geum urbanum), o Spitzklette (Xanthium).

Phanerogamen (Blütenpflanzen). Von Prof. Dr. E. Gilg und Dr. Muschler. 172 Seiten mit zahlreichen Abbildungen. Geheftet Mark 1.— In Originalleinenband Mark 1.25

Das Bändchen bietet eine Übersicht über die wichtigsten Blütenpflanzen der ganzen Erde. In einer „Einführung" werden die wesentlichen Gesichtspunkte der modernen Pflanzenkunde eingehend behandelt. Hieran schließt sich das Kapitel über „Die Geschlechtsverhältnisse, Blüten, Frucht und Samenbildung". Der dritte und größte Teil des Bändchens bringt eine Schilderung der bedeutendsten Familien des Pflanzenreiches, nicht nur unserer einheimischen Flora, sondern aus allen Gebieten der Erde, soweit es sich um Nutz- oder Arzneigewächse handelt. Da auch der Zierpflanzen gedacht ist, dürfte sich das Werkchen auch für Gärtner und Blumenliebhaber jeder Art eignen.

Kryptogamen (Algen, Pilze, Flechten, Moose und Farnpflanzen). Von Prof. Dr. Möbius. 168 Seiten. Mit zahlreichen Abbildungen. Geheftet Mark 1.— Gebunden Mark 1.25

„Wem es um eine kurze, aber sachgemäße Orientierung zu tun ist, dem sei das Büchlein bestens empfohlen." Apothekerzeitung. Nr. 70. 1908.

„Das Büchlein sei allen denjenigen, welche sich für diese niederen Lebewesen interessieren, seiner knappen und doch leicht lesbaren, verständlichen Schreibweise wegen angelegentlichst empfohlen."
Der Gartenfreund 1908. Nr. 10.

Blumentöpfe für Stecklinge eingerichtet.
Aus Dannenberg.

Pflege der Zimmer- und Balkonpflanzen. Von Paul Dannenberg, Städt. Garteninspektor. 166 S. Mit zahlr. Abb. Geheftet Mark 1.— In Originalleinenband Mark 1.25

„Die klare, schlichte Darstellungsweise und der enorm billige Preis werden das Buch als Hausfreund in jeder Familie willkommen sein lassen. Lehrern und Lehrerinnen sei das Werk angelegentlichst empfohlen. Für jede Volks- und Schulbibliothek ein unentbehrlicher Ratgeber. Der Hausfrau wird es eine herrliche Weihnachtsgabe sein, von deren Studium die ganze Familie Nutzen ziehen wird."

C. Gdke. Preuß. Lehrerz. Nr. 290. 1908.

Befruchtung und Vererbung im Pflanzenreiche. Von Prof. Dr. Giesenhagen. 8⁰. 136 S. mit 31 Abbildungen. Geheftet Mark 1.— In Originalleinenband Mark 1.25

„Zwei prächtige kleine Bändchen (Giesenhagen und Graff), für deren Güte schon die Namen der beiden Autoren, bewährte Fachgelehrte, bürgen . . . Ich wüßte keine besseren Werke zu solchen Zwecken zu nennen."

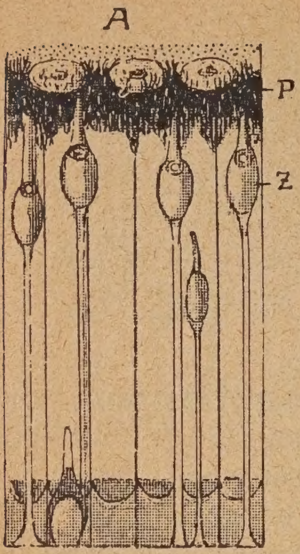
K. Blätter für Aquarien- und Terrarienkunde.

Die Bakterien und ihre Bedeutung im praktischen Leben. Von Privatdoz. Dr. H. Miehe. 8⁰. 144 S. mit zahlr. Abb. Geh. M. 1.— In Originalleinenband M. 1.25

Ihre Formen, Lebens- und Ernährungsweise werden eingehend behandelt und in ihrer Bedeutung für den Menschen betrachtet, sowohl als Helfer in der Natur und in der Industrie, wie als Feinde durch Verderben der Nahrungsmittel, Krankheitserreger usw. Ein Schlußkapitel zeigt die Mittel ihrer Bekämpfung.

„Eine sehr geschickte kurze Zusammenstellung, die allen, welche sich rasch über den gegenwärtigen Stand der Bakteriologie unterrichten wollen, bestens empfohlen werden kann."

Österreichische botanische Zeitschrift. Nr. 11. 1907.



Netzhaut des Froschauges.
Aus Mangold.

Lebensfragen. Der Stoffwechsel in der Natur. Von Prof. Dr. F. B. Ahrens. 8°. 159 Seiten mit Abbildungen. Geheftet Mark 1.— Gebunden Mark 1.25

„Wissenschaftlich und populär zugleich zu schreiben ist eine Kunst, die nicht vielen gegeben ist. Ahrens hat sich als ein Meister auf diesem Gebiete erwiesen. Auch die vorliegende Schrift zeigt die vielen Vorzüge seiner klaren Darstellung und pädagogischen Umsicht. Ohne besondere Kenntnisse vorauszusetzen, behandelt er die chemischen Erscheinungen des Stoffwechsels und beschreibt die Eigenschaften, Bildung und Darstellung unserer Nahrungs- und Genußmittel. Das Buch kann aufs beste empfohlen werden."

Chemiker-Zeitung 1908. 28. März.

Ein höchst reichhaltiges Material ist hier in wenigen Kapiteln zusammengedrängt, zeigt sich aber so klar und verständlich dargelegt, wie das nur zu leisten vermag, wer sein Gebiet auf das Vollkommenste durchdringt und beherrscht.

Professor Dr. Edmund O. von Lippmann.
Die deutsche Zuckerindustrie. Nr. 42. XXXII. Jahrgang.

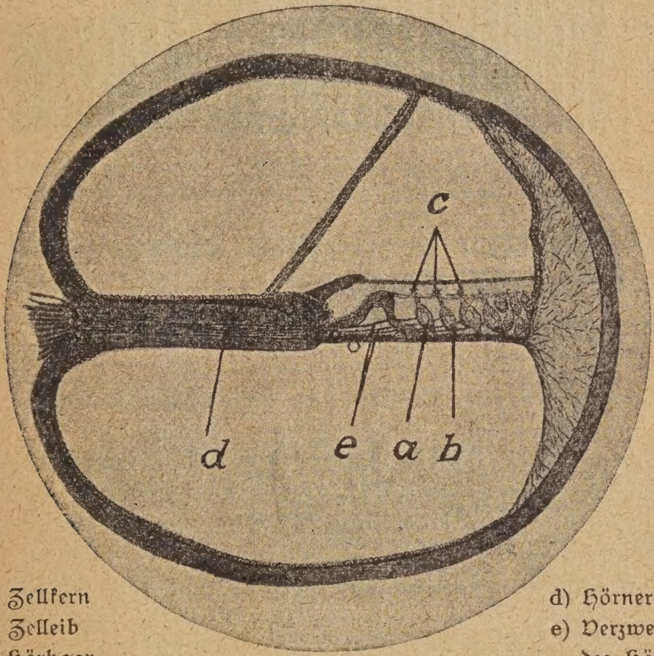
Der menschliche Organismus und seine Gesunderhaltung. Von Oberstabsarzt und Privatdozent Dr. A. Menzer. 163 S. mit zahlr. Abbildg. Geheftet M. 1.— In Originallbd. M. 1.25

„Wie können wir unter den Bedingungen unseres heutigen Kulturlebens eine gesundheitsmäße Lebensweise führen." Diese für jedermann bedeutsame Frage sucht Verfasser in dem vorliegenden Buche in folgenden Kapiteln zu lösen: I. Der menschliche Organismus in seinem mit unbewaffneten Auge zu erkennenden Aufbau. II. Der feinere Aufbau des menschlichen Organismus. III. Der menschliche Organismus in seinen wichtigsten Funktionen. IV. Krankheitsursachen: A. Krankheiten durch Vererbung; B. Erworbene Krankheiten. V. Die Gesunderhaltung des menschlichen Körpers.

Marchantia polymorpha. Aus Möbius, Kryptogamen.

Unsere Sinnesorgane und ihre Funktionen. Von Privatdozent Dr. med. et phil. Ernst Mangold. 8⁰. ca. 150 S. mit zahlr. Abb. Geh. Mark 1.— In Originalleinenband Mark 1.25

Die Sinnesorgane sind die Pforten, durch welche die Außenwelt in unser Bewußtsein einzieht. Sie sind die Werkzeuge unserer Seele. Dies erhellt die Bedeutung des vorliegenden, die Ergebnisse der modernen Forschung verratenden, durchaus gemeinverständlichen Buches. Mit einer Würdigung der Sinnesorgane und Darlegung der Beziehungen zwischen Reiz und Empfindung werden im einzelnen eingehend behandelt: Das Sehorgan, das Gehörorgan, das Geruchsorgan, das Geschmacksorgan und die Hautsinnesorgane unter besonderer Berücksichtigung der physiologisch-psychologischen Zusammenhänge.

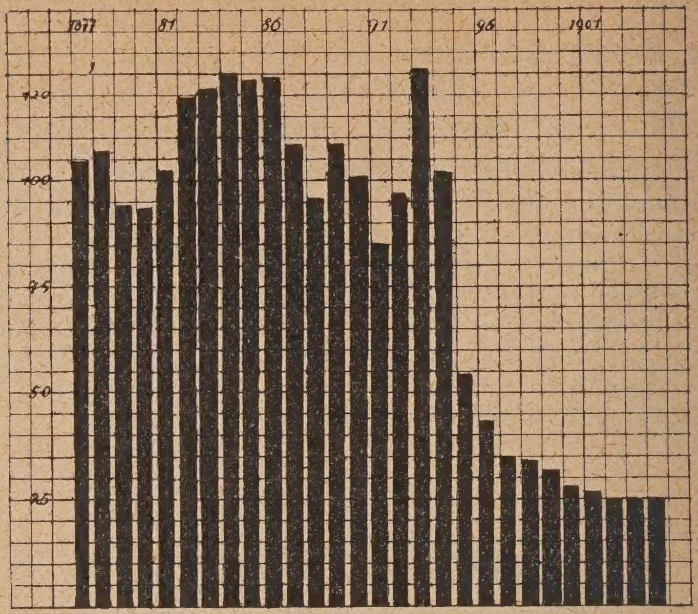


a) Zellkern
b) Zelleib
c) Hörhaar
d) Hörnerv
e) Verzweigung des Hörnervs.

Hörzelle im inneren Ohr. Aus Menzer.

Das Nervensystem und die Schädlichkeiten des täglichen Lebens. Von Privatdozent Dr. Schuster. 8⁰. 136 Seiten mit zahlr. Abb. Geh. M. 1.— In Originalleinenband Mark 1.25

„Verf. belehrt in diesen sechs Vorträgen vortrefflich über den Bau des Nervensystems, über die Schädlichkeiten, denen es ausgesetzt und gibt beherzigenswerte Winke, es gesund zu erhalten. Von besonderem Interesse sind die Kapitel über die Schäden des Großstadtlebens und über Schule und Erziehung." Prager mediz. Wochenschrift. 1908. Nr. 16.



Sterblichkeit an Diphtherie und Krupp in den deutschen Städten mit mehr als 15000 Einwohnern auf je 100000 Einwohner berechnet. Aus Rosenthal.

Volkskrankheiten und ihre Bekämpfung. Von Privatdozent Dr. W. Rosenthal. — 168 Seiten mit zahlreichen Abbildungen und Diagrammen. Geheftet Mark 1.— In Originalleinenband Mark 1.25

Es werden die verheerendsten und besterforschten Seuchen, Cholera, Pest, Typhus, Diphterie, Wechselfieber, Pocken und Tuberkulose nach ihren Ursachen, der Art ihrer Verbreitung und den erfolgreichsten Maßnahmen zur Verhütung und Heilung besprochen. Insbesondere wird die Mannigfaltigkeit der Übertragungswege, der Abwehrmittel und die Bedeutung öffentlicher, sozialer Maßregeln hervorgehoben. Aus diesen Erfahrungen werden dann allgemeinere Regeln abgeleitet und ein Überblick gegeben über die anderen, selteneren oder noch nicht so gut erforschten Infektionskrankheiten, die für Deutschland von Belang sind.

Die moderne Chirurgie für gebildete Laien. Von Geheimrat Prof. Dr. H. Tillmanns. 8°. 160 Seiten mit 78 Abbildungen und 1 farbigen Tafel. Geheftet Mark 1.— In Originalleinenband Mark 1.25

„Ein Buch wie das vorliegende kann der Anerkennung der Ärzte wie der Laien in gleichem Maße sicher sein. Es enthält genau so viel, als ein gebildeter Laie von dem gegenwärtigen Stand der Chirurgie wissen muß und soll, und es kann, wenn die darin enthaltenen Lehren auf fruchtbaren Boden fallen, dem Kranken nur Nutzen stiften."

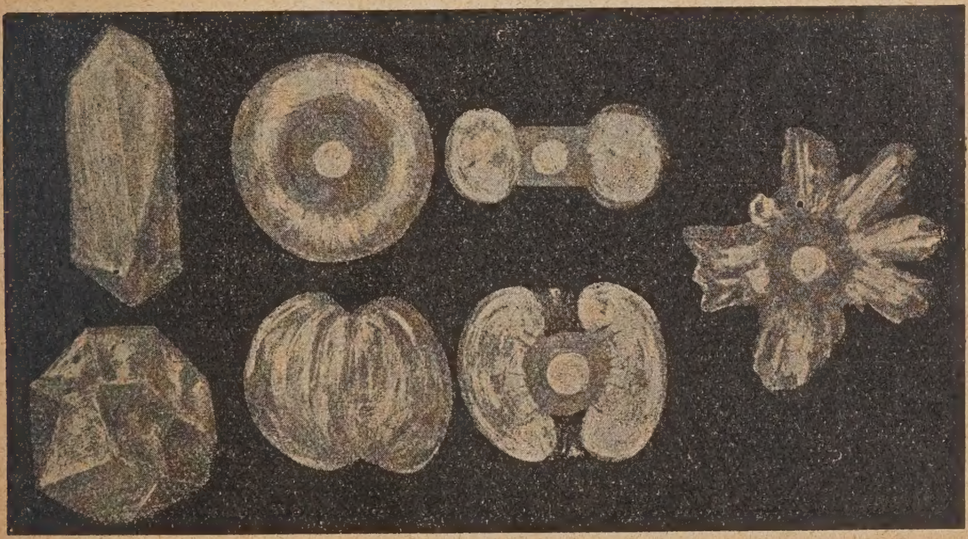
Phil. klinische Wochenschrift. 1908. 3. Mai.

Die vulkanischen Gewalten der Erde und ihre Erscheinungen. Von H. Haas, Prof. a. d. Univ. Kiel. 8°. 146 S. mit zahlr. Abb. Geheftet M. 1.— In Originalleinenband M. 1.25

„Mit den vulkanischen Gewalten der Erde, ihren Ausbrüchen, Entstehungsursachen usw. macht uns in vorliegendem Büchlein der Verfasser bekannt. Das Buch ist sehr interessant geschrieben und mit zahlreichen wohlgelungenen Abbildungen versehen. Auch den heißen Quellen, den Thermen, widmet der Verfasser eine anschauliche Besprechung, so daß wir es auch denen, die hierüber eine gemeinfaßliche Darstellung wünschen, bestens empfehlen können.“ Vulkan. Nr. 25. VIII. Jahrg.

Das Reich der Wolken und der Niederschläge. Von Prof. Dr C. Kassner. 160 S. mit zahlr. Abb. u. Tafeln. Geh. Mark 1.— In Originalleinenband Mark 1.25

Es wird zunächst gezeigt, wie durch Verdunstung Wasserdämpfe in die Atmosphäre gelangen, wie die Luftfeuchtigkeit gemessen wird, wie die Bildung von Nebel und Wolken vor sich geht, was deren Form, Farbe, Höhe und Geschwindigkeit bedingt und wie Bewölkung und Sonnenschein durch Messung bedingt werden. Mit der Niederschlagsbildung befaßt sich der zweite Teil des Büchleins; die Bildung des Regens, des Schnees, des Graupelns, des Hagels wird behandelt, eine Anleitung zur Berechnung und Messung der Niederschlagsmenge gegeben und die Niederschläge fördernder und hemmender Faktoren (Gebirge, Land, Meer, Wald usw.) untersucht. Karten zeigen die Verteilung der Niederschläge in den verschiedensten Erdteilen.



Schloßen gefallen am 2. Juli 1897 in Kärnten (5—13 cm groß).
Aus Kassner, Das Reich der Wolken.

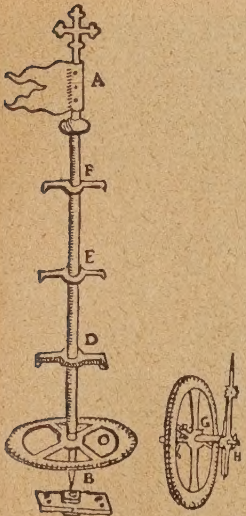
Das Wetter und sein Einfluß auf das praktische Leben. Von Prof. Dr. C. Kassner. 8⁰. 154 Seiten mit zahlr. Abb. u. Karten. Geheftet Mark 1.— In Originalleinenbd. Mark 1.25

„Die kleine Schrift ist in klar fließender Sprache geschrieben, und der Inhalt bietet mehr als der Titel verspricht. Es werden nicht nur die Naturgesetze, auf denen sich die Witterungskunde als Wissenschaft aufbaut, sachgemäß durchgenommen, sondern es wird auch gezeigt, wie sich die Wetterkunde als Zweig der Meteorologie historisch entwickelt hat und welchen großen Wert sorgfältige Aufzeichnungen über den Verlauf der Witterung für das öffentliche und private Leben besitzen . . . Da man oft noch sehr irrtümlichen Auffassungen über den Wert der Witterungskunde begegnet, so ist dem kleinen inhaltreichen Werke größte Verbreitung zu wünschen . . ."

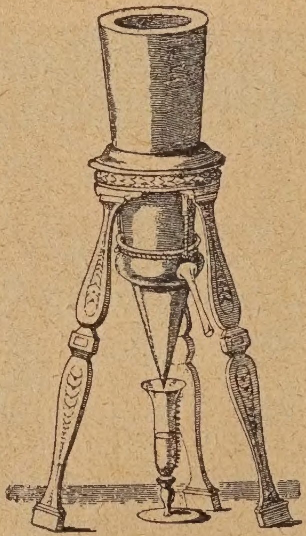
Naturwissensch. Rundschau Nr. 50. XXIII. Jahrg.

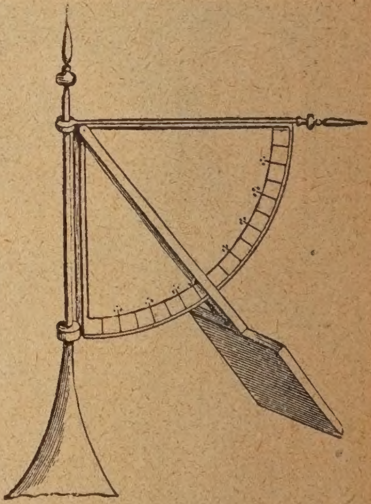
Die Elektrizität als Licht- und Kraftquelle. Von Privatdozent Dr. P. Eversheim. 8⁰. 129 S. mit zahlr. Abb. Geheftet Mark 1.— In Originalleinenband Mark 1.25

„Heute ist das Verwendungsgebiet der Elektrizität ein so außerordentlich ausgedehntes, daß wohl ein jeder mehr oder weniger mit ihr in Berührung kommt. Deshalb kann man es nur dankbar begrüßen, wenn auch dem Laien durch ein so klar geschriebenes Büchlein ein Einblick eröffnet wird und in großen Zügen die Grundbegriffe der Elektrotechnik dargelegt werden. . . . Die sorgfältig gezeichneten Abbildungen beleben die Darstellung." Elektrochemische Zeitschrift. Heft 7, 1907.

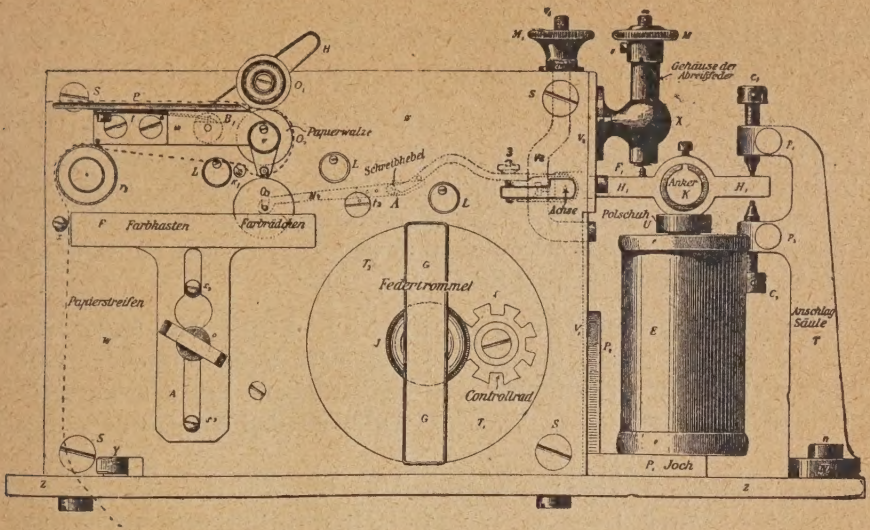


Im Hause ablesbare Windfahne.


Hygrometer des Großherzogs Ferdinand II. v. Toskana.


Windmesser von Hooke.

Aus Kassner, Das Wetter.



Morseapparat. Aus Hamacher, Telegraphie und Telephonie.

Hörbare, Sichtbare, Elektrische und Röntgen-Strahlen. Von Geh. Rat Prof. Dr. Fr. Neesen. 134 S. mit zahlr. Abb. Geheftet M. 1.— In Originalleinenband M. 1.25

Eine Einführung in eines der wichtigsten und interessantesten Gebiete der Physik. Es werden behandelt 1. die Erscheinungen und Eigenschaften fortschreitender und stehender Wellen. 2. die akustischen Erfahrungen. 3. die Wellen, auf welche wir durch unser Auge aufmerksam gemacht werden, einschließlich der Wärmewellen. 4. die Hauptgrößen der Elektrizität wie Spannung, Strom, Widerstand, die Entstehung elektrischer Wellen und deren Benutzung in der drahtlosen Telegraphie. 5. Strahlenförmig sich ausbreitende Wirkungen, denen keine Wellen zugrunde liegen: Entladung elektrischer Spannungen in luftverdünnten Räumen, Kathodenstrahlen und Röntgenstrahlen. 6. die Wirkungen der radioaktiven Körper.

Einführung in die Elektrochemie. Von Prof. Dr. Bermbach. 8°. 144 Seiten mit zahlreichen Abbildungen. Geheftet Mark 1.— Gebunden Mark 1.25

„Wir freuen uns deshalb, daß ein so wichtiges Forschungsgebiet, dem auch die technische Industrie eine reiche Ernte verdankt, im Rahmen einer populär-wissenschaftlichen Sammlung die ihm gebührende Berücksichtigung gefunden hat. Der Verfasser hat es verstanden, gemeinverständlich zu schreiben. Von der Sprache der Mathematik wird fast kein Gebrauch gemacht. Um so größeres Gewicht wird darauf gelegt, dem Leser die fundamentalsten Gesetze verständlich zu machen . . . . die jedem Leser an Hand zahlreicher klarer Figuren einen Überblick und Einblick in die neueren Theorien der Elektrochemie und ihre Anwendungen geben und zu weiteren Studien anregen.“

Zentralblatt f. Pharmazie und Chemie. Nr. 25, IV. Jahrgang.

Telegraphie und Telephonie. Von Telegraphendirektor und Dozent F. Hamacher. 8°. 155 S. mit 115 Abbildungen. Geheftet Mark 1.— In Originalleinenband Mark 1.25

Dieser Leitfaden will, ohne Fachkenntnisse vorauszusetzen, die zum Verständnis und zur Handhabung der wichtigsten technischen Einrichtungen auf dem Gebiete des elektrischen Nachrichtenwesens erforderlichen Kenntnisse vermitteln, insbesondere aber in den Betrieb des Reichstelegraphen- und Telephonwesens einführen.

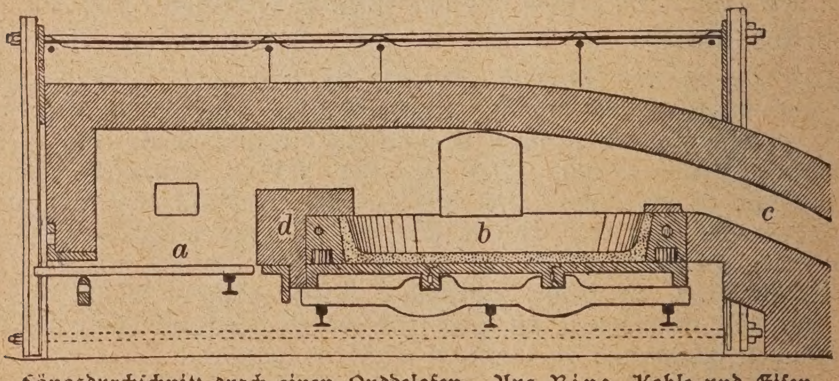
„Die Ausdrucksweise ist knapp, aber klar; die Ausstattung des Werkes ist gut. Laien werden sich aus dem Buche mühelos einen Überblick über die Einrichtungen des Telegraphen- und Fernsprechbetriebes verschaffen können." Elektrotechnische Zeitschrift. Heft 44. 1908.

Kohle und Eisen. Von Prof. Dr. Binz. 8°. 136 Seiten. Geheftet Mark 1.— In Originalleinenband Mark 1.25

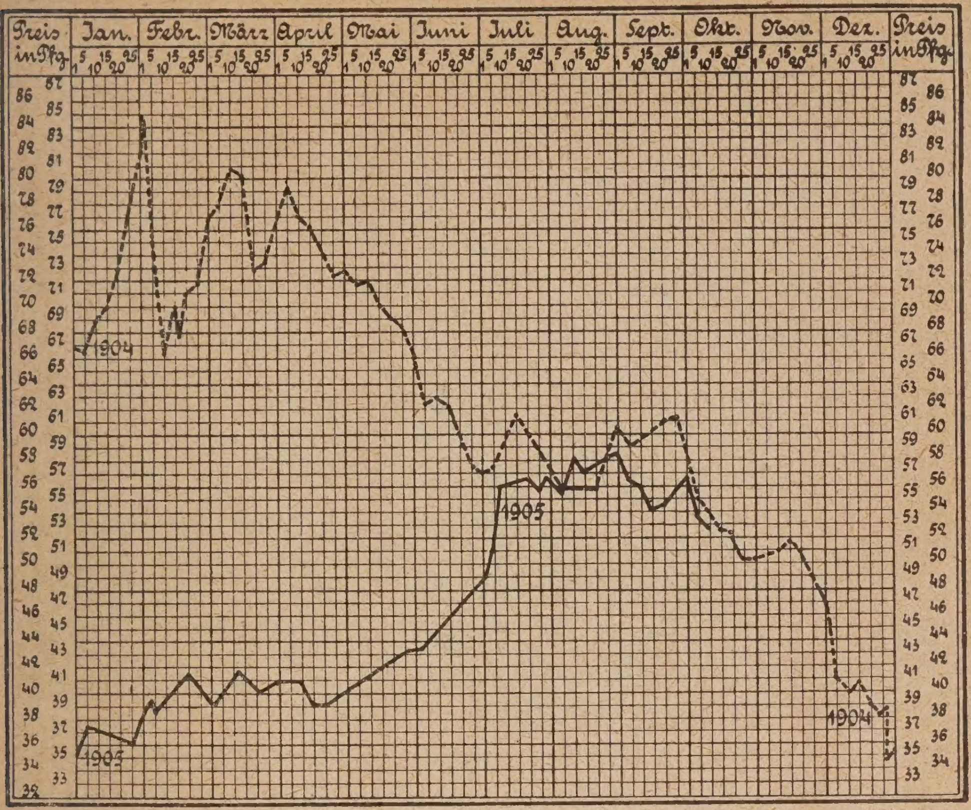
Das wirtschaftliche Leben und damit ein großer Teil unserer Kultur werden von Kohle und Eisen beherrscht. Die Notwendigkeit, sich über diese Gebiete zu orientieren, besteht darum für jeden, dem das Verständnis der treibenden Kräfte in der menschlichen Entwicklung Bildungsbedürfnis ist. Zum erstenmal hat Verf. deshalb versucht, in gemeinverständlicher Darstellung einen Überblick zu geben über die Gewinnung von Kohle und Eisen, wie über die von ihnen abhängigen Industrien des Lichtes, der Kälteerzeugung, der Produkte des Stein- und Braunkohlenteeres und anderer kleiner dahingehöriger Industriezweige.

Das Holz. Von Forstmeister H. Kottmeier, Doz. a. d. landwirtsch. Hochschule zu Berlin, Dr. F. Uhlmann u. Dr. B. Eichholz. Mit zahlr. Abb. Geheftet M. 1.— In Originalleinenband M. 1.25

Das Bändchen will den Leser einführen in die natürlichen und technischen Eigenschaften des Holzes, seine Gewinnung und Verwendung, sowie seine Bedeutung für den Welthandel und die Industrie.



Längsdurchschnitt durch einen Puddelofen. Aus Binz, Kohle und Eisen



Baumwollpreise für middling, amerikanisch, 1904/05.

Die Rohstoffe der Textilindustrie. Von Geh. Regierungsrat Dipl. Ingenieur H. Glafey. 144 S. mit zahlr. Abb. Geheftet Mark 1.— In Originalleinenband Mark 1.25

Das mit einer großen Zahl von Abbildungen ausgestattete Bändchen behandelt die natürlichen und künstlichen Rohstoffe der Textilindustrie nach ihrem Vorkommen, ihrer Gewinnung und ihren physikalischen Eigenschaften, mit besonderer Rücksicht auf ihre Bedeutung für die Textilindustrie und auf die seit einer Reihe von Jahren sich mit Erfolg geltend machenden Bestrebungen, unsere Kolonien für die Gewinnung der textilen Rohstoffe mehr und mehr zu erschließen.

Unsere Kleidung und Wäsche in Herstellung und Handel. Von Direktor B. Brie-Berlin, Prof. Schulz-Krefeld, Dr. Kurt Weinberg-Charlottenburg. 136 S. Geh. M. 1.— In Origb. M. 1.25

Eines der interessantesten Gebiete unseres wirtschaftlichen Lebens wird hier von ersten Kennern geschildert. Die anziehende Darstellung führt uns durch die Riesenbetriebe unserer ersten Konfektionsfirmen, und zeigt uns Industrie und Heimarbeit am Werke, die Ansprüche des modernen Menschen und die Launen der Mode zu befriedigen.

Wertvolle Geschenkwerke

Aus den Tagen Bismarcks. Politische Essays von Otto Gildemeister. Herausgegeben von der literarischen Gesellschaft des Künstlervereins Bremen. Gr. 8⁰. 232 S. m. einem Portrait Gildemeisters. Geheftet M. 4.40 In Originalleinenband M. 4.80

„... Aber es ist gleichwohl nicht die Form, die zumeist an diesen Artikel fesselt. Das Gewicht ihres Inhalts überwiegt durchaus. Sie begleiten die wichtigsten Hergänge in einer an großen Ereignissen so überreichen Zeit. Kaum eine der Fragen, deren Lösung über Wohl und Wehe unseres Volkes entscheiden sollte, bleibt unberührt, und von den Persönlichkeiten, die handelnd eingreifen, wird eine ganze Reihe wieder vor unseren Augen lebendig .... Wir wüßten kein Buch gleichen Umfanges, das so geeignet wäre, ohne Systematik politisch zu bilden und zu erziehen .... Sie reden zum Bürger, aber noch mehr zum Menschen; sie spenden staatsmännische Lehre, aber noch mehr Lebensweisheit. Sie holen ihre Vergleiche und ihre Belege aus all den weiten Gebieten der Bildung, die ihr Verfasser beherrscht. So spannen sie jeden, der für reiches und feines Geistesleben empfänglich ist."

Geh. Rat Prof. Dietrich Schäfer. Kölnische Zeitung. 16. Oktober 1908.

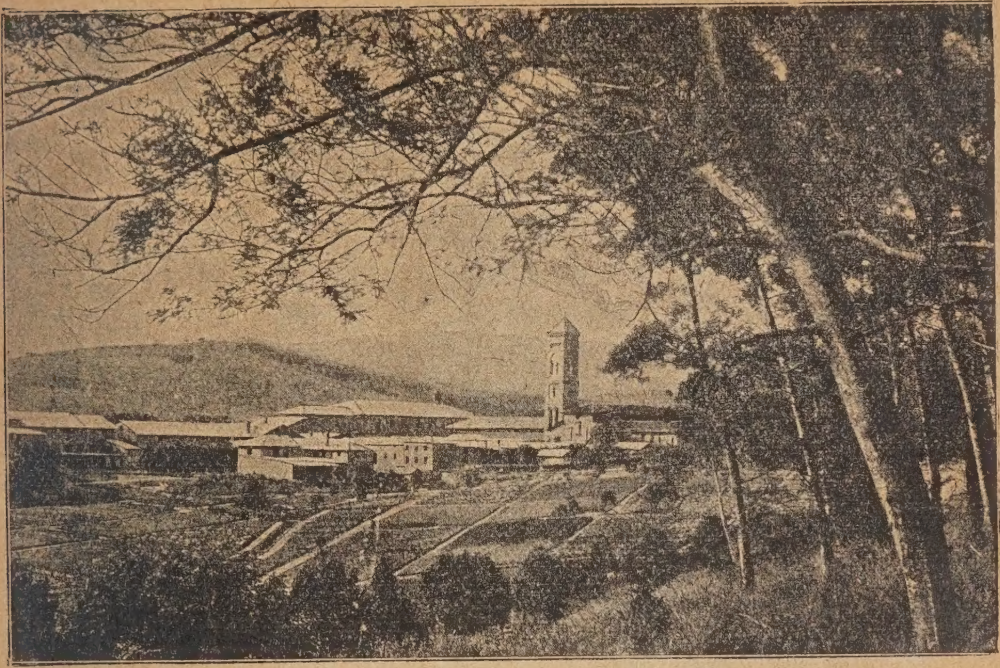
Deutsche Kaisergeschichte im Zeitalter der Salier und Staufer. Von Prof. Dr. K. Hampe. (Bibliothek der Geschichtswissenschaft.) 8⁰. 277 S. In Originalleinenband Mark 4.—

„Professor Hampe führt seine Leser auf die Höhen des deutschen Mittelalters, in jene Zeit, die noch heute wie wenige andere die Phantasie zu fesseln vermögen, in die Tage der ersten Salier, des Investiturkampfes, da Heinrich IV. nach Canossa pilgern mußte, in die Tage Barbarossas und Friedrichs II. Die Darstellung ist wohl berufen, in dem heutigen Gegenwartstreiben etwas von dem tiefinnerlichen Anteil wiederzuerwecken, mit dem unsere Väter sich in die vergangenen Zeiten deutscher Kaiserherrlichkeit versenkten." Hamburger Nachrichten. 25. Dez. 1908.

Die Vereinigten Staaten von Amerika. Von Prof. Dr. Paul Darmstaedter. (Bibliothek der Geschichtswissenschaft.) 8⁰. 248 S. In Originalleinenband Mark 4.—

„Prof. Paul Darmstaedter schildert den Werdegang und die Entwicklung der Vereinigten Staaten von Nordamerika sowie deren heutige Zustände und ihre Aufgaben für die Zukunft. Diesem Buche kann man uneingeschränktes Lob erteilen, es ist glänzend geschrieben und erschöpft in kurzer Darstellung das interessante Thema völlig. ... Gerade heute, wo dieses Land überhaupt für uns Europäer eine Bedeutung gewonnen, die es zu einem internationalen Faktor gemacht hat, muß ein solches Buch im höchsten Grade erfreuen, und wir wünschen deshalb auch der ganzen Folge bestes Gedeihen."

Univ.-Prof. Dr. Ottokar Weber, Prag.
Neue freie Presse. November 1908.



Marianhill. Aus Passarge, Südafrika.

Südafrika. Eine Landes-, Volks- und Wirtschaftskunde von Prof. Dr. Siegfried Passarge. gr. 8°. 367 Seiten mit über 50 Abbildungen, zahlreichen Profilen und 33 Karten. Geschmackvoll brosch. Mk. 7.20 In Originalleinenbd. Mk. 8.—

„Alles in allem genommen ist Passarges Werk das beste augenblicklich über Südafrika, seine Landes-, Volks- und Wirtschaftskunde als Ganzes geschriebene Buch. Es ist ein echt geographisches Werk im modernen Sinne."

Max Friedrichsen, Bern. (Deutsche Literaturzeitung. Nr. 3, 29. Jahrgang, 1908.)

„Unter Mithilfe der neuesten Beobachtungen, sowie unter Verwertung guter photographischer Aufnahmen hat der Verfasser ein überaus klares, auf der Höhe des heutigen Wissens stehendes Gesamtbild von Südafrika zu entrollen verstanden, das sicherlich Anklang finden wird. . . . . So ist S. Passarge wie kein anderer lebender wissenschaftlicher Geograph vorgebildet und befähigt, ein kritisches Gesamtbild dieses an Bedeutung von Jahr zu Jahr wachsenden Gebietes zu entwerfen. Dazu kommen ihm seine ärztlichen Kenntnisse für die scharfe Erfassung der interessanten anthropologischen und ethnographischen Verhältnisse der Eingeborenen sehr zu statten. . . . Man greife zu dem Buche selbst, das wohl niemand ohne Befriedigung aus der Hand legen wird."

Univ.-Professor Dr. Fritz Regel, Würzburg. (Frankfurter Zeitung, Nr. 312.)

„Wir dürfen Passarges neues Buch als wahren Schatzkasten und als Fundgrube für die neueste Belehrung über Südafrika betrachten."

Hamburger Fremdenblatt, 3. November 1907.

Bücher für Naturfreunde

Biologie der Pflanzen. Von Prof. Dr. Migula. gr. 8⁰. 360 S. mit zahlr. Abb. nach Photographien und Zeichnungen. Buchschmuck von Gadso Weiland. Geh. M. 8.— Geb. M. 8.80

Aus Migula, Biologie der Pflanzen.

„So bringt der Verf. die wichtigsten und interessantesten Erscheinungen des Pflanzenlebens zur Sprache, wobei speziell die heimischen Verhältnisse Berücksichtigung finden. An unserem Auge ziehen in lebensvoller Darstellung die Entwicklungsprozesse der hauptsächlichen Pflanzenfamilien vorbei und ermöglichen ein selbständiges Beobachten der Natur ... Es ist nur wärmstens zu wünschen, daß dies sehr schön ausgestattete, mit zahlreichen Photographien und Zeichnungen des Verfassers versehene Werk, das für jeden Naturfreund eine sehr anregende Lektüre, für den Studierenden und Lehrer aber ein gutes Lehr- und Nachschlagewerk sein wird, die weitgehendste Verbreitung finden möge."

Bretschneider. Zeitschr. f. d. landw. Versuchswesen in Österreich. 1908.

Die Abstammungslehre. Eine gemeinverständliche Darstellung und kritische Übersicht der verschiedenen Theorien. Von Dr. P. G. Buekers. 8⁰. 365 Seiten mit zahlreichen Abbildungen. Geh. M. 4.40 In Originalleinenband M. 5.—

Ein solches Werk, das dem Naturfreund in dem auf diesem Gebiete herrschenden Wirrwarr widersprechender Meinungen und Theorien zurechthelfen soll, entspringt einem oft geäußerten Bedürfnis. Von seinem Lehrer, Professor de Vries, unterstützt, führt der Verfasser den Leser ein in die heute im Vordergrunde des Interesses stehende Kontroverse: Zuchtwahl und Mutation, und gibt an Hand zahlreicher Beispiele aus Tier- und Pflanzenwelt eine fesselnde Darstellung vom heutigen Stande der Evolutions- und Deszendenztheorie.

C. G. Naumann, Lpzg.

Verlag von Quelle & Meyer in Leipzig

Naturwissenschaftliche Bibliothek für Jugend und Volk

Geb. M. 1.80 — Geb. M. 1.80

Herausgegeben von Konrad Höller und Georg Ulmer.
Reich illustrierte Bändchen im Umfange von 140 bis 200 Seiten.

In die Liste der von den Vereinigten Jugendschriften-Ausschüssen empfohlenen Bücher aufgenommen.

Aus Deutschlands Urgeschichte. Von G. Schwantes. 191 S. mit zahlreichen Abbildungen. In Originallbd. M. 1.80.

„Eine klare und gemeinverständliche Arbeit, erfreulich durch die weise Beschränkung auf die gesicherten Ergebnisse der Wissenschaft; erfreulich auch durch den lebenswarmen Ton, der die tote und begrabene Vergangenheit vieler Jahrtausende uns menschlich näher bringt."

Frankfurter Zeitung. 28. März 1909.

Der deutsche Wald. Von Professor Dr. M. Buesgen. 184 S. mit zahlr. Abb. und 2 Taf. In Originallbd. M. 1.80.

„Unter den zahlreichen, für ein größeres Publikum berechneten botanischen Werken, die in jüngster Zeit erschienen sind, beansprucht das vorliegende ganz besondere Beachtung. Es ist ebenso interessant wie belehrend." Naturwissenschaftliche Rundschau. Nr. 17. XXIV. 1909.

Die Heide. Von W. Wagner. 200 Seiten mit zahlreichen Abbildungen. In Originalleinenband M. 1.80.

Verfasser will weitere Kreise nicht nur anregen, die neuentdeckte Perle der deutschen Landschaft mit dem Auge des Künstlers oder des wanderfrohen Touristen zu betrachten, sondern auch in bezug auf Flora und Fauna zu verstehen und zum vollen Genusse zu kommen.

Niedere Pflanzen. Von Professor Dr. R. Timm. ca. 220 S. mit zahlreichen Abbildungen. In Origllbd. M. 1.80.

Der Verfasser stellt in gemeinverständlicher Weise mit Hilfe zahlreicher, größtenteils selbstgefertigter Abbildungen die Abteilungen der Farnpflanzen, Moospflanzen, Algen, Pilze (beide im weitesten Sinne) und Flechten dar, insbesondere werden wertvolle Winke für das Sammeln, Präparieren und Bestimmen, sowie für die Beobachtung lebendigen Materials gegeben.

Fortsetzung auf Seite 3 des Umschlags.

Naturwissenschaftliche Bibliothek

Das Süßwasser-Aquarium. Ein Stück Natur im Hause. Von C. Heller. 194 Seiten mit zahlreichen Abbildungen und 1 farbigen Tafel. In Originallbd. M. 1.80.

„Dieses Buch ist nicht nur ein unentbehrlicher Ratgeber für jeden Aquarienfreund, sondern es macht vor allen Dingen seinen Leser mit den interessanten Vorgängen aus dem Leben im Wasser bekannt... Ein größerer Raum ist der technischen Seite des Aquariumbetriebes eingeräumt und besonders Wert darauf gelegt, einfache Einrichtungen zu beschreiben." Bayersche Lehrerzeitung. Nr. 16. 43. Jahrgang.

Reptilien- und Amphibienpflege. Von Dr. P. Krefft. 152 S. mit zahlreichen Abbildungen und 1 farbigen Tafel. In Originalleinenband M. 1.80.

„Die einheimischen, für den Anfänger zunächst in Betracht kommenden Arten sind vorzüglich geschildert in bezug auf Lebensgewohnheiten und Pflegebedürfnisse, — die fremdländischen Terrarientiere nehmen einen sehr breiten Raum ein. Die beigegebenen Abbildungen ... sind fast durchweg vorzügliche Reproduktionen."

O. Kr. Pädagogische Reform. Nr. 51. 1908.

Die Ameisen. Von H. Viehmeyer. 168 Seiten mit zahlreichen Abbildungen. In Originalleinenband M. 1.80.

„Viehmeyer ist allen Ameisenfreunden als bester Kenner bekannt. Von seinen Bildern kann man sagen, daß sie vom ersten bis zum letzten Wort der Natur geradezu abgeschrieben sind. Wir lernen in zweiundzwanzig Abschnitten das Leben und Treiben des kleinen Volkes kennen, eines der interessantesten Kapitel aus der lebenden Natur."

Thüringer Schulblatt. Nr. 19. 32. Jahrgang.

Die Schmarotzer der Menschen und Tiere. Von Dr. v. Linstow. 152 S. m. zahlr. Abb. In Origllbd. M. 1.80.

„Es ist eine unappetitliche Gesellschaft, die hier in Wort und Bild vor dem Leser aufmarschiert. Aber gerade jene Parasiten, die unserer Existenz abträglich sind, gerade sie verdienen, von ihm nach Form und Wesen gekannt zu sein, weil damit der erste wirksame Schritt zu ihrer Bekämpfung eingeleitet ist." K. Süddeutsche Apotheker-Zeitung. Nr. 55. 1909.

Beleuchtung und Heizung. Von J. F. Herding. 176 S. mit zahlreichen Abbildungen. In Originallbd. M. 1.80.

„Ich möchte gerade diesem Buche, seiner praktischen, ökonomischen Bedeutung wegen, eine weite Verbreitung wünschen. Hier liegt, vor allem im Kleinbetrieb, noch vieles sehr im Argen."

Frankfurter Zeitung. 28. März 1909.

Naturwissenschaftliche Bibliothek

Die Photographie. Von W. Zimmermann. 168 S. mit zahlreichen Abbildungen im Text und auf Tafeln. In Originalleinenb

tisch
Art
den

Kra
18

Kraft
mit d
traut.
Buche

Sign er.
240 30.
D en
Anfäng ter
höchsten nd
Frieden de
an dem r=
wecken

Natur
5. A
180

ausgezeich
Darstellun
Hilfsmitte

Aus de
berg.
hamm
„Ein
das je ein
Wurf glück

Ausführliche Prospekte unentgeltlich und postfrei

UNIVERSITY OF TORONTO
LIBRARY

DO NOT
REMOVE
THE
CARD
FROM
THIS
POCKET

567134
Nathansohn, Alexander
Tier-und Pflanzenleben des Meeres.
Bi
N